РЕГІОНАЛЬНІ ТА ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ

УДК 505.4

Адаменко О. М.
Івано-Франківській національний технічний університет нафти і газу

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОНСТРУКТИВНОЇ ЕКОЛОГІЇ – НОВОГО НАПРЯМКУ У НАУКАХ ПРО ЗЕМЛЮ

Конструктивна екологія – це новий науковий напрямок у Науках про Землю, який не тільки оцінює стан навколишнього середовища, а й пропонує конкретні технології захисту, заходи щодо оптимізації та покращення стану довкілля шляхом конструювання таких природно-технічних систем, що йдуть на зміну біосфери, які забезпечують стійкий гармонійний розвиток природи-людини-техносфери. Розглянуті та екологічно оцінені основні компоненти довкілля – літосфера, геофізичні поля, геоморфосфера, гідро- та атмосфера, ґрунтовий та рослинний покриви, їх зміни під впливом техносфери, просторовий розподіл основних забруднювачів, що у з'єднанні з ландшафтами створює якісно нові утворення – геоекологічні структури. Районування на їх основі територій різного ієрархічного рівня від промислових підприємств, населених пунктів, об'єднаних територіальних громад, адміністративних районів і областей до регіонів, держави України, Карпатського Єврорегіону та Європейського Союзу дає можливість запропонувати єдину для усіх цих ієрархічних територіальних рівнів комп'ютеризовану конструктивно-екологічну систему екологічної безпеки.

Ключові слова: конструктивна екологія, природно-антропогенна геосистема, екологічний аудит, оцінка впливів на навколишнє середовище, моніторинг, моделювання та прогнозування стану довкілля, екологічний ризик, безпека життєдіяльності, геоінформаційні системи.

Конструктивная экология – это новое научное направление в Науках о Земле, которое не только оценивает состояние окружающей среды, но и предлагает конкретные технологии ее защиты, мероприятия оптимизации и улучшения состояния среды путем конструирования таких природно-технических систем, идущих на смену биосфере, которые обеспечивают устойчивое гармоническое развитие природы-человека-техносферы. Рассмотены и экологически оценены основне компоненты среды – литосфера, геофизические поля, геоморфосфера, гидро- и атмосфера, почвенный и растительный покривы, их изменения под влиянием техносферы, пространственное распределение основных загрязнителей, что в соединении с ландшафтами создает качественно новые образования – геоэкологические структуры. Районирование на их основе территорий разного иерархического уровня от промышленных предприятий, населенных пунктов, обьединенных территориальных громад, административных районов и областей до регионов, государства Украины, Карпатского Еврорегиона и Европейского Союза дает возможность предложить единую для всех этих иерархических территориальных уровней компьютеризованную конструктивно-экологическую систему экологической безопасности.

Ключевые слова: конструктивная экология, природно-антропогенная геосистема, экологический аудит, оценка влияния на окружающую среду, мониторинг, моделирование и прогнозирование состояния окружающей среды, экологический риск, безопасность жизнедеятельности, геоинформационные системы.

© Адаменко О. М., 2016

The constructive environment - is a new scientific field of Earth Sciences, which not only evaluates the environment, but also offers specific technology protection measures to optimize and improve the environment through the design of natural-technical systems which are used to change the biosphere, providing sustainable harmonious development of man-nature-technosphere. The article considered environmentally and assess the main components of the environment - lithosphere, geophysical fields heomorfosfera, hydro- and atmosphere, soil and vegetation, their changes under the influence of Technosphere, the spatial distribution of the main pollutants in connection with landscapes creates qualitatively new formation - geological structures. It opens the new method - zoning areas based on their different hierarchical levels of industrial enterprises, settlements, united local communities, administrative districts and regions to regions, states Ukraine, Carpathian Euroregion and the European Union makes it possible to offer unified for all these hierarchical territorial levels computerized constructively-ecological system of environmental safety.

Keywords: constructive environment, natural and anthropogenic geosystem, environmental auditing, environmental impacts assessment, monitoring, modeling and forecasting of the environment, environmental risk, safety, geoinformational system.

Постановка проблеми в загальному вигляді та їх зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Пошуки універсальної парадигми (концепції, методології), яка б об'єднала численні підходи до визначення екологічної безпеки як території, так і народногосподарських об'єктів вимусило нас скрупульозно підійти до чіткої детермінації та ідентифікації існуючих понять та меж їх однозначного використання як у науковій та і у практичній сферах. У результаті більш десятилітніх досліджень ми знайшли, як нам здається, найбільш прийнятну форму взаємодії цих понять, що найшло своє відображення у запропонованій нижче моделі конструктивної екології. Ми виходили з того, що «екологія – це вміння жити у своєму домі», тому модель буде схожа на схематичну конструкцію будинку. Але про це буде йти нижче, у відповідних підрозділах.

Характеризуючи проблему екології та екологічної безпеки у загальному вигляді, відмітимо, що сьогодні як ніколи, важливо забезпечити гармонійний розвиток господарства, людини і природи, щоб технічне втручання у біосферу Землі [4, 5] не зашкодило якості середовища, у якому живуть люди. Ми є свідками не тільки активних і неоднозначних політичних баталій, у котрих використовується і екологічна інформація, а й проявів низької екологічної культури і навіть екологічного невігластва як пересічних громадян, так і керівників промислових підприємств та працівників владних структур. Образно кажучи, відчувається брак не тільки чистої води і повітря, а й елементарних екологічних знань. Ця обставина примушує нас запропонувати нову стратегію екологічної безпеки та збалансованого використання природних ресурсів, про що вже йшла мова у попередніх виданнях [3, 7-9, 11, 15].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, на які спирається автор. З цією метою О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Л. В. Міщенко та Д. О. Зорін [11] сконструювали комп'ютеризовану систему екологічної безпеки (КСЕБ) з використанням ГІС, ДЗЗ та ІТ систем на базі геоекологічного районування природно-антропогенних геосистем (ПАГС).

Екологічна (природно-техногенна) безпека – це визначення і обґрунтування степеня відповідності наявних або прогнозованих екологічних умов міжнародним стандартам якості довкілля, завданням збереження здоров'я людини, захисту та відновлення навколишнього середовища. Екологічна безпека поєднує природну та технічну складові і повинна забезпечити гармонійний розвиток системи господарство-природа-людина (Паспорт спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека, затверджений Департаментом атестації кадрів вищої кваліфікації Міністерства освіти і науки України).

Геоекологічне районування територій [19] (природно-антропогенних геосистем – ПАГС) – це особливий різновид систематизації, сутність якого полягає у поділі (розчленуванні) території дослідження на рівнозначні або ієрархічно підпорядковані ПАГС. Виділені у процесі районування таксони, з одного боку, повинні відповідати критерію їхньої специфіки, з іншого, - критерію єдності, цілісності.

Природно-антропогенна геосистема [1] – це геоекологічна структура, що поєднує природну (ландшафтну) основу та її зміни під впливом антропогенних (техногенних) навантажень.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується дана стаття. Не вирішеними частинами розглянутої вище загальної проблеми, є ***побудова конструктивно-екологічної моделі*** екологічної безпеки, яка б на засадах конструктивної екології об'єднала усі зазначені вище поняття: природно-антропогенну систему, екологічний аудит, стратегічну екологічну оцінку, геоекологічне районування, оцінку впливів техногенних об'єктів на навколишнє середовище, моніторинг, моделювання та прогнозування стану довкілля, екологічний ризик, безпеку життєдіяльності, геоінформаційні комп'ютеризовані системи екологічної безпеки та ін.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Тому метою даної роботи є теоретичне обґрунтування нового наукового напрямку у Науках про Землю – ***конструктивної екології***. Вперше про її виділення написав О. М. Адаменко [4, стор. 189-223] у четвертому розділі «Конструктивна екологія» четвертого тому свого роману життя, науки і кохання «Наш майбутній дім – Екоєвропа» у 2007 р. У монографії Г. І. Рудька і О. М. Адаменка «Конструктивна геоекологія» [28, стор. 29-60] продовжено теоретичне та прикладне обґрунтування цього терміну, а у 2014 р. академічне видавництво «Lambert» (Саарбрюкен, ФРН) опублікувало монографію О. М. Адаменка [9,122 с.] «Конструктивная экология».

Виклад основного матеріалу досліджень з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів про технологію захисту навколишнього середовища. Під такою назвою у новому Переліку спеціальностей вищих навчальних закладів з'явилася у 2015 р. нова спеціальність. При цьому стара назва «екологія та охорона навколишнього середовища» залишилась у Переліку з назвою «Екологія». Тому є сенс використати те, про що йтиме мова нижче, у якості обґрунтування спеціальності «Технології захисту навколишнього середовища». На цю тему О. М. Адаменко опублікував у 2012 та 2013 рр. статті у фахових журналах «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування» – 2012, – № 1 (5), стор. 14-19 [6] та 2013 – 1(7), стор. 5-9 [7] під назвою «Технологія екологічних досліджень», а також виступив з доповіддю під тією ж назвою на пленарному засіданні І Міжнародної науково-практичної конференції 21 вересня 2012 р. у м. Івано-Франківську. Стаття, що була опублікована у Сімферополі [8] була розміщена в Internet і привернула увагу академічного видавництва «Lambert» (Саарбрюкен, ФРН), яке і запропонувало О.М. Адаменку підготовити і опублікувати монографію «Конструктивная экология» [9].

У стислому табличному виді «конструктивна екологія» як «технологія захисту навколишнього середовища» зображена на рис. 1 і на таблиці 1. При цьому виникає логічне питання: звідки починати обґрунтування теоретичних основ конструктивної екології – знизу рис. 1 і рухатись вверх (від об'єктового рівня – промислового підприємства), тобто від 1-го «поверху» і до 9-го і «даху», чи навпаки – від «даху» і 9-го «поверху» вниз, до 1-го. Логічно було рухатись так, але, враховуючи те, що у кожному нижньому «поверсі» необхідно враховувати впливи вище залягаючих «поверхів», ми обираємо шлях зверху – вниз.

Отже, екологічна безпека (ЕБ) кожного «поверху» враховує вплив усіх верхніх «поверхів», а також «даху» (еколого-ресурсної безпеки Землі), ми характеризуємо конструктивно-екологічну модель від ЕБ Землі до ЕБ промислового або аграрного чи будь-якого іншого підприємства.

Глобальна система еколого-ресурсної безпеки Землі та її геосфери ЕБ$_З$.

Така система обґрунтована у рішеннях міжнародних конференцій з навколишнього середовища у Стокгольмі (1972), Найробі (1974) і Ризі (1978), про що написано у працях И. П. Герасимова [14], Y. A. Izrael [35], R. F. Mann [36] та ін. [37]. Недоліком запропонованих систем глобального моніторингу є не повне врахування усіх компонентів довкілля Землі, особливо її внутрішніх геосфер – ядра, мантії та земної кори. Головними об'єктами глобального моніторингу ГСМОС виступають атмосфера (АТ), гідросфера (ГД) та грунтовий покрив – педосфера (ПД). Зовсім не беруться до уваги геофізичні поля Землі і Космосу – геофізсфери (ГФ), рослинний покрив – фітосфера (ФТ) і тваринний світ – зоосфера (ЗС), стан здоров'я населення – демосфери (ДС) і космічна небезпека – захист Землі від астероїдів та метеоритів (ЕБкосм), і в меншій мірі – екологічний стан геологічного середовища – літосфери (ЛТ) та екзо- і ендодинаміка рельєфу – геоморфосфера (ГМ).

Тому на пропонованій нами моделі (рис. 1, табл. 1) екологічної будівлі – домі, у якому ми повинні вміти жити, під її «дахом» ми розміщуємо усі головні об'єкти динаміки Землі та її екологічної безпеки. Детально про це ми написали у монографії Г. І. Рудька і О. М. Адаменка «Землелогія» [29, 512 с.], яка була опублікована у 2009 р.

Важливість включення у глобальну систему еколого-ресурсної безпеки Землі (ЕБ$_з$) її внутрішніх геосфер та космічної безпеки (ЕБ$_{косм}$) обгрунтовується тим, що екологічний стан поверхневих геосистем – континентів (ЕБ$_к$) і океанів (ЕБ$_о$), а також ендо- та екзодинаміка рельєфу поверхні земної кори – геоморфосфери залежить від рухів ядра Землі, його твердої внутрішньої сфери, яка «плаває» у напіврозрідженій зовнішній сфері. Фізико-хімічний та радіоактивні процеси, що відбуваються у обох сферах ядра можуть впливати на швидкість їх обертання навколо вісі Землі, нахилу вісі до площини орбіти, її ексцентриситесу, що на поверхні планети проявляється у міграції полюсів, змінах магнітних, гравітаційних, електромагінтних та інших фізичних полів, інверсіях магнітних зон і т.д. З іншого боку, деяки прояви зовнішньої ендогеодинаміки на поверхні Землі (Чилійський землетрус з магнітудою 8,5 цунамі 24 грудня 2004 р. у східній частині Індійського океану та ін.) приводило до вимірювальних зміщень земної вісі у кілька кутових секунд.

Космічна небезпека у останні роки вийшла з-під опіки науковової фантастики і стала повновправним членом науковової організації і загальної безпеки нашої планети. Саме розташування Землі на орбіті у Сонячній системі (у 150 млн км від Сонця), між орбітами Венери (108,2 млн.км від Сонця) та Марса (227,9 млн км) гарантувало появу біосфери і безпеку життя на Землі, тому що у нас на поверхні планети тиск 1 атмосфера, а середня темпераура трохи вище 0 °С + підвищення її до +15 °С за рахунок парникового ефекту в приземному шарі атмосфери.

Земля захищена від згубного для усього живого жорсткого ультрафіолетового випромінювання, так званого сонячного вітру – потоку ядер гелію від Сонця – магнітним полем Землі. В результаті такого захисту маємо два радіаційних пояси на відстані 14 і 90 тис. км від поверхні Землі, а сонячний вітер обтікає, відхиляється від нашої планети магнітним полем. Радіація ж на висотах від 300 до 500 км досягає тисячі рентген, тому міжнародні космічні станції (МКС) не літають вище 300 км від поверхні Землі, щоб не будувати їх з товщими захисними стінками, які різко збільшують вагу і вартість МКС. Одже, Земля, своїм положенням на орбіті, навколо Сонця, а також магнітним полем надійно захищена від небезпечного Космосу. Але цей захист не є суцільним щитом, а навпаки, це крихка мембрана, яка з'єднує нас з міжпланетним простором. І цей захист може будь-коли порушитись, якщо внутрішнє ядро – генератор магнітного поля Земля – змінить швидкість або інші параметри свого обертання навколо вісі нашої планети.

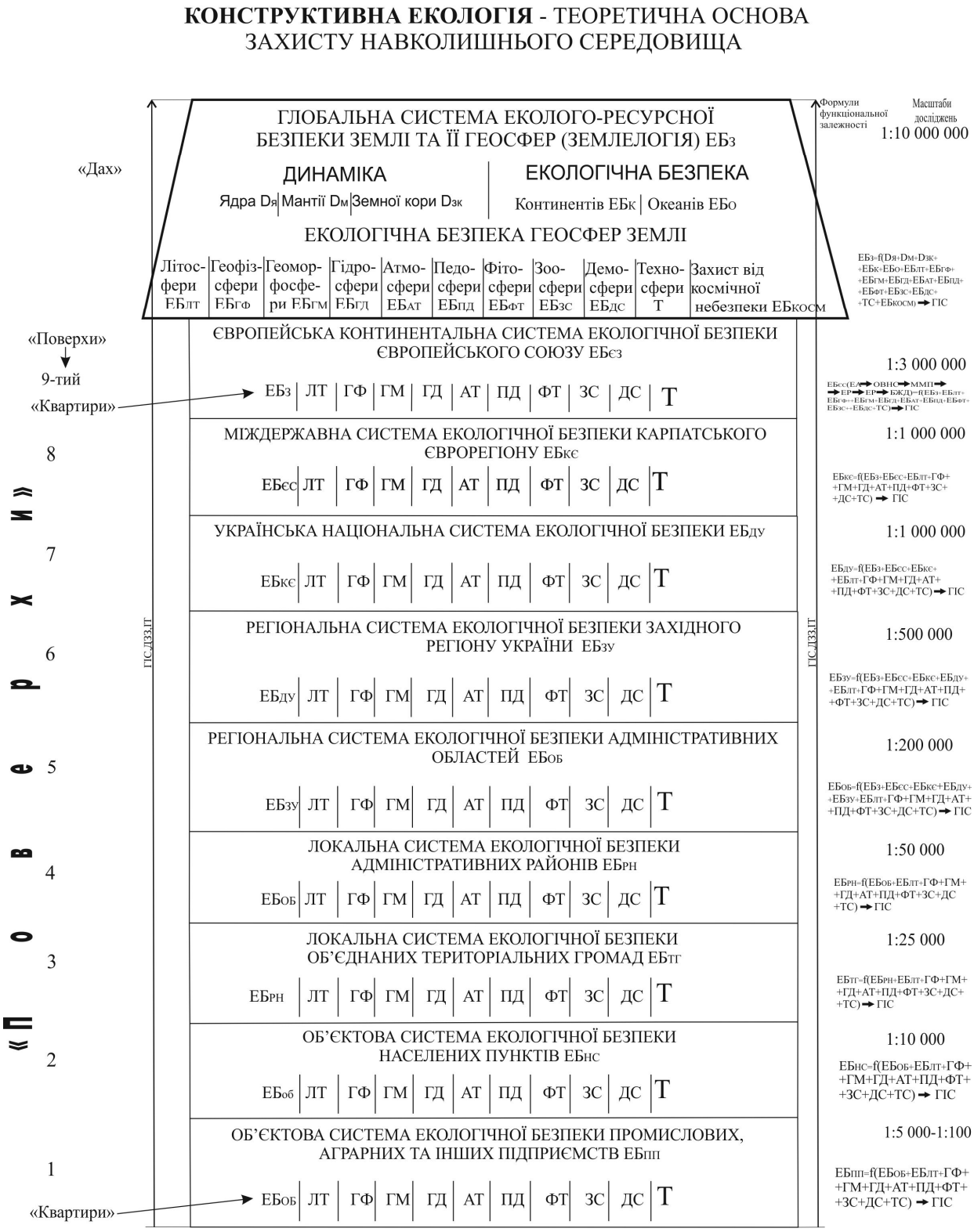


Рис. 1. Конструктивно-екологічна модель екологічної безпеки та сталого розвитку Землі, Європейського Союзу, Карпатського Єврорегіону, Держави України, її Західного регіону, адміністративних областей і районів, об'єднаних територіальних громад, населених пунктів та промислових, аграрних та інших підприємств

Таблтця 1

Основні розрахунки показників конструктивної екології та екологічної безпеки

ЕБ=f (ЕА → ОВНС → ММП → ЕР → БЖ → ГІС, ДЗЗ, ІТ)

Екологічний аудит – стратегічна екологічна оцінка сучасного екологічного стану та сучасної екологічної ситуації території ЕА-СЕО

$$ЕА=СЕО=f\ (Е_{ст}, Е_{си})$$

Екологічний стан $Е_{ст}$ компонентів природно-антропогенних геосистем (ПАГС): літосфери (геологічного середовища) ЛТ, геофізсфери ГФ, геоморфосфери ГМ, гідросфери ГД, атмосфери АТ, педосфери ПД, фітосфери ФТ, зоосфери ЗС, демосфери ДМ, техносфери Т

$Е_{ст}$ =	$СПЗ_1$ =	$СПЗ_2$ =	$СПЗ_3$ =	$СПЗ_4$ =	$СПЗ_5$ =	$СПЗ_6$ =	$СПЗ_7$ =	$СПЗ_8$
	нормаль-	напру-	задовіль-	склад-	незадо-	перед-	критич-	катастро-
	ний	жений	ний	ний	вільний	кризовий	ний	фічний

Екологічна ситуація $Е_{си}$ – це мозаїка із $Е_{ст}$

СПЗ – сумарний показник забруднення

$$СПЗ=\frac{C_{i1}}{C_{ф1}}+\frac{C_{i2}}{C_{ф2}}+.....\frac{C_{in}}{C_{фn}}$$

C_{i1}, C_{i2}, C_{i3} …… $C_{iп}$ - вміст забруднювачів у конкретних точках

$C_{ф1}, C_{ф2}, C_{ф3}$ …. $C_{фп}$ – регіональні геохімічні фони забруднювачів

$C^{Т}_{ф} = C_{фп} – C^{П}_{ф}$ техногення складова фону $C^{Т}_{ф}$ = загальному фону $C_{фn}$ мінус природна складовіа фону $C^{П}_{ф}$

$$СПЗ=\frac{C_{i1}}{C_{ф1}}+.....\frac{C_{in}}{C_{фn}}$$ $ЕА_{тер} = СЕО_{тер} = Е_{си} \rightarrow ГІС_1$

$ЕА_{тер}$ – Екологічний аудит території = $СЕО_{тер} = ГІС_1$

Геоекологічне районування території $ГЕ_{тер}$

$ГЕ_{тер}$ – просторова сукупність геоекологічних структур різного екологічного стану

$ГЕ_{тер}$ = мозаїка із $СПЗ^{Т1}$, $СПЗ^{Т2}$, $СПЗ^{Т3}$ ….. $СПЗ^{Тп}$

$ГЕ_{тер} = \frac{СПЗ^{Т1}}{ЛС}$ – геоекологічні структури : надзони, зони, підзони , смуги концентрації, смуги розсіювання, еліпси, овали, джерела та т.ін.

$ГЕ_{тер} \rightarrow ГІС_1$

Оцінка впливів техногенних об'єктів на компоненти навколишнього середовища

ОВНС

$$ОВНС=f(\frac{Т}{ЛТ},\ \frac{Т}{ГФ},\ \frac{Т}{ГМ},\ \frac{Т}{ГД},\ \frac{Т}{АТ},\ \frac{Т}{ПД},\ \frac{Т}{ФТ},\ \frac{Т}{ЗС},\ \frac{Т}{ДС}) \longrightarrow ГІС_2$$

$Т = f\ (СПЗ_{ВМ}, СПЗ_{РР}, СПЗ_{НФ}, СПЗ_{МД}, СПЗ_{ПС}$ …. $СПЗ_N)$

ВМ – важкі метали, РР-радіоактивні речовини, НФ – нафтопродукти, МД – мінепальні добрива, ПС – пестициди, N – інші забруднювачі.

Моніторинг, моделювання, та прогнозування стану довкілля ММП

$$ЕА_1 \rightarrow ЕА_2 \rightarrow ЕА_3 …… ЕА_п \rightarrow ГІС_3$$

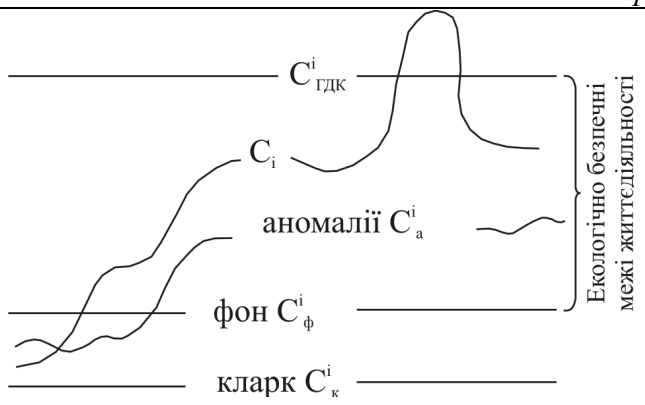
Екологічні ризики ЕР

$ЕР_{територій} = f\ (ЕР_{ЛТ}, ЕР_{ГФ}, ЕР_{ГМ}, ЕР_{ГД}, ЕР_{АТ}, ЕР_{ПД}, ЕР_{ФТ}, ЕР_{ЗС}, ЕР_{ДМ}) \rightarrow ГІС_4$

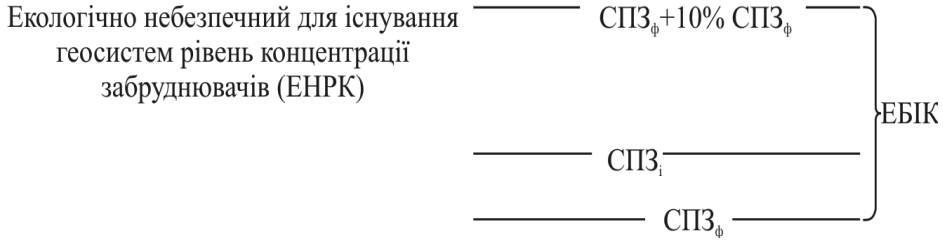
Безпека життєдіяльності населення БЖД

ЕБІК → БЖД → $ГІС_5$

Продовження таблиці 1



Екологічно безпечні межі життєдіяльності людини



Екологічно безпечний інтервал концентрації забруднювальних речовин для нормального розвитку геосистем (ЕБІК)

Звідси $ЕБІК = \sum_1^n \frac{(СПЗ_ф + 0.1СПЗ_ф) - СПЗ_i}{СПЗ^i_ф}$,

де $ЕБІК$ – екологічно безпечний для існування геосистем інтервал концентрації забруднювачів;

n – кількість врахованих забруднювачів;

$0.1СПЗ_ф$ – десятивідсоткове перевищення фонового сумарного показника забруднення і-того елемента (речовини);

$СПЗ_i$ – сумарний показник забруднення і-того елемента (речовини);

$СПЗ^i_ф$ – фоновий сумарний показник забруднення і-того елемента (речовини);

$СПЗ_ф$ розраховується за формулою:

$$СПЗ_ф = \sum_1^n \frac{C_i}{C_ф};$$

а $СПЗ_i$ – за формулою:

$$СПЗ_i = \sum_1^n \frac{C_i}{n} \cdot$$

Користуючись базами даних, та запропонованими новими комп'ютерними програмами, розраховуємо показники $КІ_{бж}$ та $ЕБІК$ для територій розміщення нафтогазових родовищ та зображаємо отримані результати графічно.

Закінчення таблиці 1

Геоінформаційна система досліджуваної території для оцінки її екологічної безпеки $\mathbf{ГІС_{тер} = ГІС_1 + ГІС_2 + ГІС_3 + ГІС_4 + ГІС_5}$

Конструктивно-екологічна територіальна модель екологічної безпеки та сталого розвитку Землі, Європейського Союзу, Карпатського Євро регіону, Держави України, її Західного регіону, адміністративних областей і районів, об'єднаних територіальних громад, населених пунктів та підприємств:

$$\mathbf{ЕБ_{тер} = \mathit{f}\ (ЕБ_З + ЕБ_{ЄС} + ЕБ_{КЄ} + ЕБ_{ДУ} + ЕБ_{ЗР} + ЕБ_{ОБ} + ЕБ_{РН} + ЕБ_{ТГ} + ЕБ_{НС} + ЕБ_{ПП})}$$

Інша небезпека – це зміна параметрів Землі (ексцентриситет, прецесів, «мерехтіння» вісі та ін.) за рахунок процесі на Сонці, або втручання у положення Землі на орбіті за рахунок зіткення з крупними метеоритами, астероїдами або кометами, як уже не один раз було у геологічній історії Землі.

Які ж іще космічні небезпеки загрожують нам ? Це не тільки сонячний вітер, а й інші іонізуючи випрамінювання, що постійно охоплюють Землю, а також періодичні або спорадичні випромінювання, що виникають при спалахах наднових зірок і які вже неоднаразово фіксувались у літописах та історичних спостереженнях наших предків та науковців останніх століть.

Але найбільша небезпека – це зіткнення з нашою плпнетою ще мало вивчених «бамбардувальників» – метеоритів та астероїдів, а також комет. І хоча ймовірність таких імпактів (ударів) дуже низька – від одної мільйонної до пяти-десяти і стомільонних, але коли це відбудиться – через 50 млн. років чи у наступному році нікому не відомо. Тому потрібно бути готовим до такої трагічної події весь час ! І технології запобігання або захисту від цієї космічної небезпеки активно розробляються багатими країнами та міжнародними організаціями.

Джерела поступлення небезпечних космічних тіл є різні. Метеорити можуть досягати Землі із метеоритного пояса, розташованого між орбітами Марса і Юпітера, астероїди – із хмари Оорта, що обертається навколо Сонця по за орбітою Плутона, на відстані кількох млрд. км від нашого світила, а комети – із пояса Койпера, що знаходяться на дуже далекій периферії Сонячної ситеми, у сотнях млрд. км від Сонця.

Не варто забувати також і про «космічне сміття» – це рештки МКС, супутників і ракет, які не завжди згорають в атмосфері, наближаючись до Землі, а досить часто падають на її поверхню у непередбачуваних місцях, як уже не раз бувало зі штучними космічними об'єктами СРСР та США.

Таким чином, космічна небезпека є серйозною причиною порушення глобальної безпеки Землі ($ЕБ_З$ на рис. 1) і вона повинна бути у центрі нашої уваги. Для цього необхідно під егідою ООН створити міждержавну службу виявлення, спостережень та захисту Землі від небезпечних космічних об'єктів, не забуваючи про земні джерела виникнення глобальних фізичних полів (динаміка ядра $D_я$ та мантії $D_м$), надпотужні з магнітудою до 7-8 землетруси та цунамі, що можуть вплинути на стабільність ядра, а також споруджень супергігантських технічних об'єктів на поверхні земної кори – кар'єрів глибиною у сотні та тисячі метрів, висотніх гребель ГЕС, магаполісів з населенням 10-20 млн. жителів і т. ін.).

Єропейська континентальна система екологічної безпеки Європейського Союзу $ЕБ_{єс}$ (рис.1, табл. 1) запропонлвана автором даної статті у 2011 р. [5] і обгрунтовувалась вже кілька разів [9, 11, 15]. Тому немає необхідності писати про це детально. Вона основана на кількісних вимірюваннях вмісту забруднювальних речовин у грунтах, атмосферному повітрі, поверхневих водах та рослинності і є фукцією від екологічного стану не тільки цих чотирьох, а усіх девяти компонентів довкілля (АТ, ГФ, ГМ, ГД, АТ, ПД, ФТ, ЗС, ДС) та техногенного тиску (Т) на них. При цьому враховується

також стан еколого-ресурсної безпеки Землі $Е_{БЗ}$, а екологічний стан компонентів оцінюється усіма передбаченими процедурами екологічної безпеки, тобто екологічним аудитом ЕА, оцінкою впливу техногенних об'єктів на навколишнє середовище ОВНС, моніторингом, моделюванням та прогнозуванням стану довкілля ММП, екологічним ризиком ЕР та безпекою життєдіяльності БЖД (рис. 1, табл. 1). Загальна система континентальної безпеки Європейського Союзу будується з використанням ГІС, ДЗЗ та ІТ.

Міждержавна система екологічної безпеки Карпатського Єврорегіону $ЕБ_{КЄ}$ (рис. 1, табл. 1) вперше розроблена була ще у 2003 р. у дипломному проекті Д.О. Зоріна, а опублікована О. М. Адаменком у 2008 р. [28]. Вона побудована за тим же принципом, що і Ебєс, тобто включає системи еколого-ресурсної безпеки Землі $ЕБ_З$, екологічної безпеки Європейського Союзу $ЕБ_{ЄС}$, екологічний стан усіх девяти компонентів довкілля (ЛТ, ГФ, ГМ, ГД, АТ, ПД, ФТ, ЗС, ДС), вплив на них техносфери Т) та усі процедури – складові екологічної безпеки (ЕА, ОВНС, ММП, ЕР, БЖД), «скріплені» геоінформаційними системами (ГІС, ДЗЗ, ІТ).

Українська національна система екологічної безпеки держави ЕБду (рис. 1, табл. 1) найменш розроблена, не зважаючи на те, що публікації для її обгрунтування з'явились у роботах О. М. Маринича і П. Г. Шищенка [18], Л. Г. Руденка [30], В. А. Барановського [12], О. М. Адаменка [9, 11, 15], Г. І. Рудька [28] давно. Справа у тому, що у вказаних роботах надана загальна характеристика екологічної ситуації на території України, без посилання на конкретні точки спостереження – геоекологічні полігони, де визначався б екологічний стан того чи іншого компонента геоекосистеми. Лише по поверхневим водам опублікована система їх екологічного моніторингу [21]. Тому роботу по створенню просторової системи $ЕБ_{ДУ}$ слід продовжувати у відповідності до вимог конструктивно-екологічної моделі (рис.1).

Регіональна система екологічної безпеки Західного регіону України $ЕБ_{ЗР}$ (рис.1, табл. 1) розробила Л. В. Міщенко [19, 20] на основі 1441 геоекологічного полігону – точок відбору проб грунтів, поверхневих і грунтових вод, атмосферного повітря та рослинності. Виконано кілька тисяч аналізів на вміст у вказаих компонентах забруднювачів – важких металів, радіонуклідів, пестицидів, надлишків мінеральних добрив, нафтопродуктів та ін. В результаті комп'ютерної обробки екологічної інформації побудовані відповідні бази даних, а на їх основі – сотні поелементних і покомпонентних еколого-техногеохімічних карт, запропоновано геоекологічне районування території зі 172 новими геоекологічними структурами – надзонами, зонами, підзонами, смугами, ареалами, овалами, еколого-геохімічними бар'єрами, джерелами, вогнищами та ін. Для кожної геоекологічної структури розроблений індивідуальний комплекс природоохоронних заходів. Важлвим є поділ – відокремлення техногенної складової від природної у сумарному показнику забруднення.

Результати досліджень Л. В. Міщенко опубліковані також в узагальнюючих роботах О. М. Адаменка [4, 6, 8, 11] та кафедри екології ІФНТУНГ [15].

Регіональні системи екологічної безпеки адміністративних областей ЕБоб (рис.1, табл. 1) розроблені О. М. Адаменком та Д. О. Зоріним на прикладах територій Івано-Франківської області [15] з використанням матеріалів М. М. Приходька [25], а також Закарпатської, Львівської та Тернопільської областей [9] з використанням матеріалів О. В. Побігун [23], Л. В. Міщенко [19, 20], В. М. Триснюка [32], С. С. Попа [24] та ін.

У екологічних системах екологічної безпеки широко використовуються дані моніторингових досліджень регіонального ієрархічного рівня (від 120 до 200 точок спостереження за змінами екологічного стану грунтового покриву і грунтових вод, донних відкладів, атмосферного повітря, опадів дощу і снігу та ін. Основою ж для поетапних (2001, 2006, 2012 років) карт екологічної ситуації слугують ландшафтні та ландшафтно-геохімічні карти, які разом з картами розповсюдження забруднювачів складають просторове геоекологічне районування, на основі якого розроблені конкретні

рекомендації подальшої природоохоронної діяльності: довгострокові екологічні програми на п’ять років, чергові або невідкладні (термінові) заходи.

Локальні системи екологічної безпеки адміністративних районів ЕБ$_{РН}$ (рис. 1, табл. 1) грунтуються на екологічних дослідженнях масштабу 1 : 50 000 на геоекологічних полігонах, кількість яких на територіях адміністративних районів коливається від 80 до 200 у залежності від площі району, яка може змінюватись від 700 до 1 500 км2. Першу систему ЕБрн розробила у 2000 р. Для Снятинського району Івано-Франківської рбласті Л. В. Міщенко під керівництвом О. М. Адаменка [2]. Потім продовжував цю роботу В. М. Триснюк [32] для Гусятинського, О. В. Пендерецький [22] для Галицького, В. С. Скрипник [31] для Надвірнянського, О. М. Адаменко, Л. В. Міщенко і Д. О. Зорін [11] для Тисменицького, Монастириського, Бучацького та Заліщицького, І. В. Триснюк [33] для Кременецького і Шумського, Л.Я. Вітко [13] для Чортківського і Борщівського районів. Найбільш повно здійснені ці дослідження К. О. Радловською [26, 27] для територій Рогатинського та Богородчанського районів у 2011-2015 рр.

У районні системи екологічної безпеки закладені ті ж принципи, що і у попередні – області. Змінюється тільки масштаб досліджень – від 1 : 200 000 до 1 : 50 000 та їх детальність. Складності виникають тільки при виконанні екологічного моніторингу, тому що вимоги до локального моніторингу на рівні державних стандартів ще не існують. Тому ця робота виконується або за ініціативою наукових установ та вищих навчальних закладів, або за ініціативою окремих науковців при підготовці дисертацій. Іноді моніторингові дослідження на територіях адміністративних районів фінансуються з екологічних фондів областей, як це було у 1999-2001 рр. у Тернопільський та у 2003-2006 рр. в Івано-Франівській областях. На жаль ні обласні ні районні державні адміністрації ще не усвідомили необхідність виконання таких досліджень.

Локальні системи екологічної безпеки об’єднаних територіальних громад ЕБ$_{тг}$ (рис. 1, табл. 1) вперше запропонувала К. О. Радловська у 2015 р. спочатку у своїй кандидатській дисертації, а потім у монографії «Локальний моніторинг довкілля для адміністративних районів і територіальних громад» [27]. Це в даних час, коли в Україні розпочинається адміністративно-територіальна реформа, особливо актуально: сільські громади добровільно об’єднуються у територіальні громади, яким передається від районних рад, а останнім від обласних і від центральної влади у Києві багато повноважень, у тому числі і бюджетних. Йде децентраліцація влади на усіх рівнях. Наприклад, у Івано-Франківській області, у межах 14 адміністративних районів створюється на добровільній основі 53 об’єднаних територіальних громад. К. О. Радловська, виконуючи геоекологічне районування територій Рогатинського та Богородчанського районів, екологічно обгрунтувала виділення трьох громад у першому (Рогатинська, Нижньолипецька та Букачівська) і п’яти громад у другому (Богородчанська, Старобогородчанська, Солотвинська, Старуньська і Яблунівська) районі. За площею ці об’єднані територіальні громади співпадають з геоекологічними структурами – геоекологічними смугами розсіювання, геоекологічними смугами концентрації, які були виділені К. О. Радловською [26, 27] при геоекологічному районуванні. Тобто кожна об’єднана територіальна громада має своє геоекологічне обгрунтування як природничий аргумент її виділення, про що наголошував О. М. Адаменко [10].

Об’єктову систему екологічнгої безпеки населених пунктів ЕБ$_{НС}$ (рис. 1, табл. 1) розробили на прикладі міста Івано-Франківська у 2001-2004 рр. О. М. Адаменко, Є. І. Крижанівський, Є. М. Нейко, Г. Г. Русанов, Л. В. Міщенко, О. М. Журавель та Н. І. Кольцова [3]. Ця робота була одним із 15 проектів – переможців, відібраних та фінансованих Світовим банком із поданих на конкурс 2001 року в Україні 462 іноваційних ідей. Автори створили ком’ютеризовану систему екологічної безпеки (КСЕБ) з кореляцією захворюваності навелення з екологічним станом усіх компонентів довкілля міської иериторії. КСЕБ включає:

- бази даних різних рівнів захворюваності населення у різних мікрорайонах міста по 28 хворобах згідно з діючою міжнародною класіфікацією хвороб (МКХ);

- база даних щодо забруднення грунтів, поверхневих і грунтових вод, атмосферного повітря й рослинності важкими металами, радіонуклідами, нафтопродуктами та ін.;

- комп'ютерні карти сучасного стану геологічного середовища, геофізичних полів, геоморфосфери, ландшафтів;

- електронні карти хімічного забруднення 12 інгредієнтами грунтів, гідросфери, атмосфери й фітосфери;

- карти сучасного стану техносфери міста, де в той час діяли 80 підприємств;

- кореляційні залежності між різними захворюваннями та ступенем трансформації довкілля.

Робота грунтувалась на 248 точках відбоу проб з використанням топографічних карт масштабу 1 : 10 000.

У 2014 р. наші матеріали були повторно оброблені М. В. Крихівським [17] з використанням математичних комп'ютерних програм, що підтвердило високий ступень кореляції показників захворюваності зі станом довкілля. Такі ж результати отримала також Н. В. Фоменко [34] при дисертаціних дослідженнях.

Об'єктова система екологічнгої безпеки підприємств ЕБ$_{ПП}$ (рис. 1, табл. 1) розробила Л. В. Міщенко [19, 20] під керівництвом О. М. Адаменка [11, 15] у 2003-2005 рр. на прикладі території ПАТ «Івано-Франківськцемент» методами екологічного аудиту території підприємства. Була обрана мережа спостережень, яка включає 16 профілів з 77 геоекологічними полігонами – точками, де були відібрані проби грунтів, атмосферного повітря, поверхневих і грунтових вод та рослинності для визначення їх забруднення різними хімічними речовинами. Дослідження виконувались на базі топографічних карт масштабу 1 : 10 000 та космічних знімків. В результаті територія підприємства «розбракована» на чотири екологічні стани: нормальний, задовільний, напружений і складний.

Побудовані поелементні та покомпонентні еколого-техногеохімічні карти, що характеризують взаємодію двох складових – природних ландшафтів та техногенного забруднення. При цьому утворюються нові структури – геоекологічні смуги концентрації та геоекологічні смуги розсіювання, які є геоекотипами структур 1 порядку, що відповідають ландшафтним місцевостям. На їх фоні виникають менші за розмірами геоекологічні структури 2 порядку – геоекологічні вузли і еліпси, які не завжди приурочені до конкретних ландшафтних структур, як це має місце у смуг-місцевостей. Ще менший зв'язок з ландшафтними одиницами мають геоекологічні вонища або джерела забруднення, які є геоекотипами геоекологічних структур 3 порядку. Вони відповідають контурам забруднення грунтів, атмосферного повітря, грунтових вод і рослинності, які не завжди співпадають між собою. Тому при дослідженнях екологічного стану на територіях промислових підприємств необхідно виконувати їх детальну оцінку та розробляти відповідно свій індивідуальний комплекс природоохоронних заходів.

Об'єктові системи екологічної безпеки промислових, аграрних та інших підприємств є нижньою ланкою – нижнім «поверхом» запропонованої нами конструктивно-екологічної моделі екологічної безпеки.

Висновки з даного дослідження та перспективи. Конструктивна екологія як новий науковий напрямок досліджень у галузі Наук про Землю тільки «набирає оберти», підпорядковуючись загальній парадагмі системного аналізу геосистем, які порушені антропогенним втручанням у хід природних процесів. Із запропонованої автором конструктивно-екологічної моделі екологічної безпеки можна зробити висновок, що забезпечення сталого розвитку в умовах стримування глобального розвитку в умовах стримування глобального потепління не вище 2 % за XXI століття, як було прийнято у грудні 2015 р. у Парижі 198 країнами світу, повинно базуватись на гармонізації відносин у системі тріади природа-господарство-людина. Така гармонізація є науково обгрунтованим

управлінням (екологічним менеджментом) складною природно-господарсько-суспільною системою на основі розумного обмеження своїх потреб, щоб стан довкілля відновлювався, економіка розвивалась, а людина почувала себе комфортно та забезпечувала такий же розвиток для майбутніх поколінь.

Література

1. Адаменко О. М. Екологічна геологія / О. М. Адаменко, Г. І. Рудько. – К.: Манускрипт, 1998. – 350 с.

2. Адаменко О. М. Екологічний аудит територій. / О. М. Адаменко, Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ : Факел, 2000. – 342 с.

3. Адаменко О. М. Екологія міста Івано-Франківська / О. М. Адаменко, Є. І. Крижанівський, Є. М. Нейко та ін. – Івано-Франківськ: Сіверсія МВ, 2004. – 200 с.

4. Адаменко О. М. Конструктивна екологія / О. М. Адаменко // Наш майбутній дім – Екоєвропа. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2007. – С. 189-223.

5 Адаменко О. М. Комп'ютеризована система екологічної безпеки Центральної та Східної Європи / О. М. Адаменко // Екололгічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2011, № 2 (4) – С. 8-10.

6. Адаменко О. М. Методика складання екологічних карт / О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Д. О. Зорін, Н. О. Зоріна // Екололгічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2012, № 1 (5) – С. 14-19.

7. Адаменко О. М. Технологія екологічних досліджень / Адаменко О. М. // Екололгічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2013, № 1 (7) – С. 5-9.

8. Адаменко О. М. Технология экологических исследований / О.М. Адаменко // Геоекополитика и экогеодинамика регионов. Научный журнал Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского / О. М. Адаменко. – Симфирополь, 2014 – том 10, вып.2. – С. 22-28.

9. Адаменко О. М. Конструктивная экология/О.М. Адаменко// LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrucken, Deutschland, 2014. – 122 с.

10. Адаменко О. М. Об'єднанню територіальних громад – екологічне обгрунтування / О. М. Адаменко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2015, № 2 (12) – С. 134-135.

11. Адаменко О. М. Комп'ютеризовані системи екологічної безпеки/ О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Л. В. Міщенко, Д. О. Зорін. – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2015. – 208 с.

12. Барановський В. А. Україна. Забруднення природного середовища/ В. А. Барановський. – Київ: Укргеодезкартографія, 1996. – 137 с.

13. Вітко Л. Я. Геоекологічна оцінка компонентів довкілля Подільського Придністров'я: автореф. дис. на здоб. наук ступеня канд. географ. наук/ Л. Я. Вітко. – Львів, 2010. – 21с.

14. Герасимов И. П. Принципы и методы геосистемного мониторинга / И. П. Герасимов // Изв. АН СССР, серия географ. – 1982, № 2. – С. 5-12.

15. Екологічна безпека територій: колективна монографія [автори: О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова та ін.] – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2014. – 444 с.

16. Зорін Д. О. Екологічна безпека Дністровського каньону як регіонального коридору національної екологічної мережі України/ Д. О. Зорін // Екололгічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2011, № 2 (4) – С. 44-55.

17. Крихівський М. В. Прогнозування показників екологічної безпеки міст за результатами моніторингу навколишнього середовища (на прикладі м. Івано-Франківська): . дис. на здоб. наук ступеня канд. техн. наук/ М. В. Крихівський. – Івано-Франквіськ, 2014. – 21 с.

18. Маринич О. М. Фізична географія України / О. М. Маринич, П. Г. Шищенко. – К. : Знання, 2006. – 511 с.

19. Міщенко Л. В. Геоекологічне районування. Наукова монографія за ред. О. М. Адаменка / Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2011. – 408 с.

20. Міщенко Л. В. Природно-техногенна безпека територій Західного регіону України / Л. В. Міщенко . – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2014. – 452 с.

21. Національний атлас України. – Київ: ДНАЦ «Картографія», 2007. – 440 с., 875 іл.

22. Пендерецький О. В. Екологія Галицького району/ О. В. Пендерецький. – Івано-Франківськ: Нова зоря, 2005. – 201 с.

23. Побігун О.В. Геоекологічний моніторинг Карпатського регіону України як основа раціонального природокористування / О.В. Побігун: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата географічних наук: спеціальність 11.00.11 «Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів». – Львів, 2005. – 20 с.

24. Поп С. С. Природні ресурси Закарпаття / С. С. Поп. – Ужгород: Карпати, 2009. – 310 с.

25. Приходько М. М. Екологічна безпека природних і антропогенно-модифікованих геосистем / М. М. Приходько. – Київ, 2013. – 201 с.

26. Радловська К. О. Сучасний моніторинг довкілля локального рівня для територій адміністративних районів / К. О. Радловська: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук. – Київ, 2015. – 20 с.

27. Радловська К. О. Локальний моніторинг довкілля для адміністративних районів і територіальних громад / К. О. Радловська. – Івано-Франківськ: Петраш К. Т., 2015. – 188 с.

28. Рудько Г. І. Конструктивна геоекологія: наукові основи та практичне втілення / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко. – Чернівці: Маклауд, 2008. – 320 с.

29. Рудько Г. І. Землелогія. Еколого-ресурсна безпека Землі / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко. – Київ: Академпрес, 2009. – 512 с.

30. Руденко Л. Г. Концептуальні основи еколого-географічних досліджень та еколого-географічного картографування / Л. Г. Руденко, А. І. Бочавська // Український географічний журнал. – 1995, №3. – С. 56-62.

31. Скрипник В. С. Система екологічного моніторингу та заходи стабілізації довкілля Надвірнянського газонафтопромислового району: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук / В. С. Скрипник. – Львів, 2006. – 20 с.

32. Триснюк В.М. Екологія Гусятинського району Тернопільської області. Монографія / В.М. Триснюк. – Тернопіль: Терно-граф, 2005. – 225с.

33. Триснюк І. В. Екологічний стан геосистем в межах Кременецьких гір: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. геогр. наук / І. В. Триснюк. – Львів, 2012. – 20 с.

34. Фоменко Н. В. Сучасна екологічна ситуація в м.Івано-Франківську та система забезпечення екологічної безпеки міської території: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. геогр. наук / Н. В. Фоменко. – Чернівці, 2006. – 20 с.

35. Izrael Yu. A. The problem of air pollution and other aspekts of environmental pollution. The concept of monitoring and regulating the quality of the environment, WMO, 1979, № 517-Geneva, pp. 3-9.

36. Mann R. F. Global environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase 1. SCORE. Rep. 3 – Toronto, 1973, 130p.

37. Pollution monitoring and research in the farmwork of MAB Programme. Moscow. 23-26 Apr. 1974. – MAB rep. ser. № 20. Paris: UNESCO, 1974, pp.58-63.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 502.132

Плаксій Л. В.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

РОЛЬ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В НАФТОГАЗОПРОМИСЛОВИХ РАЙОНАХ

В статті розглянута проблема інтенсивного нафтопромислового виробництва, в межах якого необхідно проводити контроль, комплексну оцінку та прогнозування впливу техногенного забруднення на навколишнє середовище та стан здоров'я населення. Розглянуті характерні зміни в умовах життя і діяльності людини, що сильно актуалізували проблему його адаптації. Запропоновано методику аналізу сучасного стану всіх компонентів довкілля, прогнозу та попередження надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: екосистеми, екологічні дослідження, математичні моделі, нафтогазопромисловий комплекс.

В статье рассмотрена проблема интенсивного нефтепромышленного производства, в рамках которого необходимо проводить контроль, комплексную оценку и прогнозирование влияния техногенного загрязнения на окружающую среду и состояние здоровья населения. Рассмотрены характерные изменения в условиях жизни и деятельности человека, которые сильно актуализировали проблему его адаптации. Предложена методика анализа современного состояния всех компонентов окружающей среды, прогноза и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: экосистемы, экологические исследования, математические модели, нефтегазопромышленный комплекс.

Article deals with the problem of heavy oil in industrial production, within which one can control, comprehensive assessment and forecasting of technogenic pollution impact on the environment and public health. The main attention paid on the characteristic changes in the living conditions and human activities, strongly actualized the issue of adaptation. The article shows the method of current status of all the environmental components' analysis. As a result we can predict and prevent various emergency situations.

Keywords: ecosystem, environmental studies, mathematical models, industrial oil and gas complex.

Актуальність теми. Техногенний тиск на сучасні екосистеми зростає з кожним роком та приводить до їх трансформації, які можуть дійти до незворотних змін, що не тільки погіршить сучасну екологічну ситуацію, а й призведе до руйнування природних та штучних екосистем. Майже всі виробничі об'єкти нафтової і газової промисловості за відповідних умов забруднюють оточуюче середовище великою кількістю небезпечних шкідливих речовин різної екологічної значущості. Крім власних природних вуглеводів, продуктів переробки, у складі забруднювачів містяться численні реагенти, каталізатори, інгібітори, луги, кислоти, речовини, що утворюються при горінні, хімічному перетворенні і т.д.

Найближчим часом нафта і газ залишаться головними першоджерелами, які могли б задовольнити основну частину потреб сучасного людства в енергії. Про це свідчить безперервне підвищення питомої значущості цих вуглеводнів в паливному балансі розвинених країн.

Не зважаючи на численні дослідження, існує проблема покращення екологічного

© Плаксій Л. В., 2016

стану на території нафтогазопромислових районів. Тому цілком доцільно є визначити вплив розробки та експлуатації нафтових та газових родовищ в Прилуцькому нафтогазопромисловому районі на стан компонентів навколишнього середовища: геологічного середовища, геофізсфери, геоморфосфери, поверхневих, ґрунтових і підземних водних ресурсів, атмосфери з кліматичними ресурсами, ґрунтового покриву і земельних ресурсів, рослинного покриву, тваринного світу, демосфери. Відповідно до розробленої професором О. М. Адаменком (1993, 1996, 1998, 2001) "Комп'ютерної інформаційно-аналітичної та прогнозно-керуючої системи екологічного моніторингу, техногенно-екологічної безпеки, прогнозу та попередження надзвичайних ситуацій (КСЕБ)", яку можна застосовувати для досліджень на території будь-якої місцевості, було проведено [1]:

1) оцінку сучасного стану всіх компонентів довкілля на досліджуваній території (екологічний аудит);

2) екологічний моніторинг модельної території, особливо в зоні впливу техногенних об'єктів.

Основою системи є банк екологічної інформації, що складається з 10 баз, які охоплюють всі компоненти екосистеми. На комп'ютері моделюється екологічний стан усіх десятьох компонентів природно-антропогенних екосистем, прогнозуються їхні зміни природним шляхом та під впливом техногенного навантаження. Залежно від запланованого сценарію розвитку взаємодії між природою, господарством і суспільством задаються необхідні екологічні обмеження господарської діяльності на території, в галузі або на підприємстві.

Виклад основного матеріалу. Нафтогазопромисловий комплекс (НГПК), який об'єднує велику кількість підприємств розвідки, добування, переробки, транспортування і зберігання вуглеводнів є одним з основних забруднювачів атмосфери, поверхневих і підземних вод та ґрунтового покриву. І тому подальший розвиток нафтогазової промисловості повинен орієнтуватися не лише на підвищення промислово-експлуатаційної ефективності, а й на охорону надр і навколишнього природного середовища.

У процесі пошуків, розвідки, розробки, транспортування, зберігання і переробки нафти і газу виникає цілий ряд екологічних проблем, зумовлених шкідливим впливом об'єктів нафтогазової галузі на навколишнє середовище. Для оцінки цього впливу з метою його знешкодження необхідно застосовувати системний підхід. Об'єкти нафтогазової галузі по-різному впливають на геологічне середовище і мінерально-сировинні ресурси, ендогенні і екзогенні процеси, рельєф і його порушення, ґрунтовий покрив, поверхневі та підземні води, клімат і атмосферні процеси, рослинний і тваринний світ.

Технологічний процес видобутку нафти і газу є багатостадійним. Кожна стадія освоєння родовища (розвідка, впорядкування та експлуатація в проектному режимі, розширення та інтенсифікація видобутку, кінцева стадія розробки) має свої особливості та характеризується своєрідним впливом на різні компоненти навколишнього середовища.

Розвідка родовищ нафти і газу пов'язана з бурінням та випробуванням свердловин, тому найбільшого впливу зазнають геологічне середовище, ґрунти і рослинний світ на бурових майданчиках та під'їзних шляхах до них, а також підземні води. При бурінні свердловин забруднення навколишнього середовища пов'язане з монтажем і демонтажем бурових установок. Під час монтажу і демонтажу бурового верстата має місце механічне пошкодження і забруднення ґрунту із-за проведення земляних робіт і переміщення транспортних засобів.

Джерелами забруднення є відпрацьований буровий розчин, тампонажний розчин, хімреагенти для обробки розчину, вибурена порода, стічні бурові води, нафта і нафтопродукти, паливно-мастильні матеріали, господарсько-побутові стічні води і тверді відходи. А при аварійних ситуаціях ще й нафтогазопроявлення. До природних видів забруднення відносяться талі та дощові води. Основні місця забруднення - це майданчик

під підлогою бурової вежі, агрегатне і насосне приміщення, дільниця приготування бурового розчину, ємності хімреагентів, обважнювачів, води та інші.

Врахувати взаємодію різноманітних факторів, що визначають структуру та особливості функціонування природних (екологічних) систем в цьому випадку, можна лише за допомогою математичних методів та методів імітаційного та математичного моделювання. При вивченні закономірностей, що спостерігаються в різноманітних явищах природи, виникає необхідність за даними натурних спостережень побудувати математичну формулу, тобто представити результати натурного спостереження у вигляді функціональної залежності, наприклад, у вигляді якоїсь елементарної функції.

Згідно з методикою О.М. Адаменка (1993), при екологічному дослідженні природно-антропогенних геосистем (ПАГС) виділяються еколого-географічні карти як моделі ПАГС, а у системі екологічного моніторингу два етапи: перша - статична і друга - динамічна моделі [1]. В.І. Лаврик [2] вважає, що сьогодні більшість математичних моделей, що широко застосовуються в різних галузях природних і суспільних наук, розподіляють на такі два великі класи: 1) математичні (або аналітичні) моделі; 2) імітаційні (або системні) моделі. При цьому вважається, що в математичних моделях застосовуються, в основному, аналітичні методи, зокрема апарат сучасного математичного аналізу та інших розділів математики, а в імітаційних – принципово обов'язковим елементом дослідження. Щодо моделювання фізичних процесів та об'єктів всі моделі можуть бути умовно розділені на декілька видів, за М. Петрик, М. Баб'юк (1998). Тут моделі можна розділити на фізичні (матеріальні) і уявні [5].

Системний підхід пронизує всі питання побудови математичних моделей в еколого-просторових дослідженнях, а тому варто коротко зупинитись на цьому важливому понятті з точки зору математики і знакової символіки, яка дозволяє формалізувати як поняття системи, так і її складові елементи. Якщо елементи, що утворюють деяку систему, позначити символами $x_1, x_2, x_3, ..., x_n$, де n – число елементів, то множину (вектор) $X= \{x_1, x_2, x_3, ..., x_n\}$ природно назвати складом системи S [3].

Для обробки експериментальних даних найчастіше на практиці використовують метод найменших квадратів - один з методів знаходження наближеного розв'язку надлишково-визначеної системи. Метод найменших квадратів запропонував К. Гаус (1794) і А. Лежандром (1805). Строге математичне обґрунтовування методу було дано А. А. Марковим (старшим) і А. Н. Колмогоровим [3]. Нині цей метод є одним з найважливіших розділів математичної статистики і широко використовується для статистичних висновків в різних областях науки і техніки.

На практиці найчастіше використовується лінійний метод найменших квадратів, що використовується у випадку системи лінійних рівнянь. Зокрема важливим застосуванням у цьому випадку є оцінка параметрів у лінійній регресії, що широко застосовується у математичній статистиці і економетриці [4].

$$S = \sum_{i=1}^{m} \left| y_i - \sum_{j=1}^{n} X_{ij} \beta_j \right|^2 \tag{1}$$

Значення досягає мінімуму в точці, в якій похідна по кожному параметру рівна нулю. Обчислюючи ці похідні одержимо:

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_j} = 2 \sum_i r_i \frac{\partial r_i}{\partial \beta_j} = 0 \left(j = 1,2,...,n \right), \tag{2}$$

де використано позначення

$$r_i = y_i - \sum_{j=1}^{n} X_{ij} \beta_j \tag{3}$$

Також виконуються рівності:

$$\frac{\partial r_i}{\partial \beta_j} = -X_{ij}. \tag{4}$$

Підставляючи вирази для залишків і їх похідних одержимо рівність:

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_j} = -2\sum_{i=1}^{m} X_{ij}\left(y_i - \sum_{k=1}^{n} X_{ik}\beta_k\right) = 0. \tag{5}$$

Дану рівність можна звести до вигляду:

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{n} X_{ij}X_{ik}\hat{\beta}_k = \sum_{i=1}^{m} X_{ij}y_i - \left(j = 1,2,...,n\right), \tag{6}$$

або в матричній формі:

$$\left(X^T X\right)\hat{\beta} = X^T y. \tag{7}$$

Побудова повної математичної моделі екосистеми починається, як правило, з графологічного аналізу її компонент і зв'язків між ними [4]. На рівні визначення топології системи, за емпіричними даними, дістають окремі кореляційні зв'язки і залежності всередині підсистем. З такою метою застосовуються статистичні методи класифікації, регресійний аналіз, методи самоорганізації. На даному етапі модель діє як упорядкувальна, що дає змогу вичленити підсистеми, виявити найсуттєвіші зв'язки і в такий спосіб підійти до можливості вивчення динаміки екосистем.

За умов нормативно-пошукового прогнозування здійснюється нормативний аналіз обмежень на використовувані варіанти, під час реалізації яких знаходять оптимальні системи, технології, схеми розподілу ресурсів тощо.

Статистичні характеристики вибіркової сукупності розглядаються як оцінка відповідних характеристик генеральної сукупності. Науковим обґрунтуванням можливості застосування вибіркового спостереження є діалектична єдність одиничного, особливого і загального, згідно з якою в кожному одиничному є риси особливого і загального, а загальне має риси одиничного і особливого. Це дає змогу за одиничним і особливим судити про загальне, за частиною – про ціле, якщо правильно знайдено зв'язок між ними [6].

Так, якщо генеральна сукупність містить N елементів, а для обстеження треба відібрати *n*, то *число можливих вибірок* можна обчислити за формулою:

$$C_N^n = \frac{N}{n!(N-n)!}. \tag{8}$$

Усі вони мають однакову ймовірність $\frac{1}{C_N^n}$, а кожна з них несе в собі певну похибку, що відображає факт випадковості вибору.

Переваги вибіркового спостереження над суцільним реалізуються лише при дотриманні наукових принципів його організації і проведення, насамперед неупередженого, випадкового вибору елементів для обстеження. Принцип випадковості відбору забезпечує всім елементам генеральної сукупності рівні можливості попасти у вибірку.

Висновки. Попри всі переваги методу математичного моделювання слід відзначити, що нерідко відсутність чітких уявлень про характеристики цих процесів підміняються наведенням великої кількості експериментальних даних, а за теоретичне описування видається підібраний емпіричний вираз (одна або кілька формул) без зазначення границі області його застосування. Такий напівемпіричний опис може не мати нічого спільного з реальним процесом (явищем), особливо в тій частині області застосування моделі, яка лежить поза границею адекватності, що й робить побудовану модель мало ефективною. Ось чому тільки та математична модель, яка описує суть процесу чи явища, розкриває закономірності їх проходження і є адекватною в математичному описуванні окремих характеристик реальної системи.

Література

1. Адаменко О. М. Інформаційно-керуючі системи екологічного моніторингу на прикладі Карпатського регіону / О. М.Адаменко // Укр. геогр. журнал. – 1993, №3. – С. 8-13.
2. Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології./ В. І. Лаврик. – Київ.: Фітоцентр, 1998. – 132с.
3. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. / Ю. В. Линник, – 2-е изд. – М., 1962. – 349 с.
4. Левич А. П. Математические аспекты вариационного моделирования в экологии сообществ / А. П.Левич, В. Л. Алексеев, В. А. Никулин. //Математическое моделирование. – 1994. – №5. – С. 55 – 76.
5. Петрик М. Основи математичного моделювання та застосування математичних методів у наукових дослідженнях / М. Петрик, М. Баб'юк. – Тернопіль, 1998. – 113с.
6. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.

УДК 504.61:581.52

Яцишин Т.М., Глібовицька Н.І.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВПЛИВ НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ НА ДОВКІЛЛЯ І ІПЕРСПЕКТИВИ ФІТОІНДИКАЦІЇ ТА ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ТЕХНОГЕННОТРАНСФОРМОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

У статті проаналізовано основні причини надходження полютантів у довкілля в процесі нафтогазовидобутку. Виділено вплив технологічних процесів і природно-кліматичних факторів на інтенсивність надходження забруднення. Висвітленоособливості та переваги методу фітоіндикаціїзабрудненого нафтою довкілля. Проаналізовано характерні реакції рослин у відповідь на дію техногенного забруднення. Висвітлено перспективи використання методу морфометричноїбіоіндикації для оцінки екологічного стану навколишнього середовища. Наведено ефективні рослини-ремедіанти, які рекомендовані для рекультивації нафтозабруднених територій.Наведені рекомендації для зменшення негативного впливу на довкілля видобування нафти і газу.

Ключові слова: буровий розчин,фітоіндикація, фіторемедіація, нафтове забруднення довкілля.

В статье проанализированы основные причины поступления загрязнителей в окружающую среду в процессе нефтегазодобычи. Выделено влияние технологических процессов и природно-климатических факторов на интенсивность поступления загрязнения. Освещены особенности и преимущества метода фитоиндикации загрязненной нефтью окружающей среды. Проанализированы характерные реакции растений в ответ на действие техногенного загрязнения. Освещены перспективы использования метода морфометрической биоиндикации для оценки экологического состояния окружающей среды. Приведены эффективные растения-ремедианты, которые рекомендованы для рекультивации нефтезагрязненных территорий.Приведенные рекомендации для уменьшения негативного влияния на окружающую среду добычи нефти и газа.

© Яцишин Т. М., Глібовицька Н. І., 2016

Література

1. Адаменко О. М. Інформаційно-керуючі системи екологічного моніторингу на прикладі Карпатського регіону / О. М.Адаменко // Укр. геогр. журнал. – 1993, №3. – С. 8-13.
2. Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології./ В. І. Лаврик. – Київ.: Фітоцентр, 1998. – 132с.
3. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. / Ю. В. Линник, – 2-е изд. – М., 1962. – 349 с.
4. Левич А. П. Математические аспекты вариационного моделирования в экологии сообществ / А. П.Левич, В. Л. Алексеев, В. А. Никулин. //Математическое моделирование. – 1994. – №5. – С. 55 – 76.
5. Петрик М. Основи математичного моделювання та застосування математичних методів у наукових дослідженнях / М. Петрик, М. Баб'юк. – Тернопіль, 1998. – 113с.
6. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.

УДК 504.61:581.52

Яцишин Т.М., Глібовицька Н.І.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВПЛИВ НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ НА ДОВКІЛЛЯ І ІПЕРСПЕКТИВИ ФІТОІНДИКАЦІЇ ТА ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ТЕХНОГЕННОТРАНСФОРМОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

У статті проаналізовано основні причини надходження полютантів у довкілля в процесі нафтогазовидобутку. Виділено вплив технологічних процесів і природно-кліматичних факторів на інтенсивність надходження забруднення. Висвітленоособливості та переваги методу фітоіндикаціїзабрудненого нафтою довкілля. Проаналізовано характерні реакції рослин у відповідь на дію техногенного забруднення. Висвітлено перспективи використання методу морфометричноїбіоіндикації для оцінки екологічного стану навколишнього середовища. Наведено ефективні рослини-ремедіанти, які рекомендовані для рекультивації нафтозабруднених територій.Наведені рекомендації для зменшення негативного впливу на довкілля видобування нафти і газу.

Ключові слова: буровий розчин,фітоіндикація, фіторемедіація, нафтове забруднення довкілля.

В статье проанализированы основные причины поступления загрязнителей в окружающую среду в процессе нефтегазодобычи. Выделено влияние технологических процессов и природно-климатических факторов на интенсивность поступления загрязнения. Освещены особенности и преимущества метода фитоиндикации загрязненной нефтью окружающей среды. Проанализированы характерные реакции растений в ответ на действие техногенного загрязнения. Освещены перспективы использования метода морфометрической биоиндикации для оценки экологического состояния окружающей среды. Приведены эффективные растения-ремедианты, которые рекомендованы для рекультивации нефтезагрязненных территорий.Приведенные рекомендации для уменьшения негативного влияния на окружающую среду добычи нефти и газа.

© Яцишин Т. М., Глібовицька Н. І., 2016

Ключевые слова: буровой раствор, фитоиндикация, фиторемедиация, нефтяное загрязнение окружающей среды.

The article analyzes the main reasons revenues of pollutants into the environment in the extraction of oil and gas. The influence of technological processes and climatic factors on the pollution flowintensity is highlighted.The features and benefits of the phytoindication method of oil contaminated environment aresubmitted. The characteristic reactions of plants in response to man-made pollution are analyzed. The prospects of morfometricbioindication method for assessing the ecological environment are highlighted. The efficient plants recommended for remediation of contaminated areas are presented. Recommendations to reduce the environmental impact oil and gas are listed.

Keywords:drilling mud, phytoindication, phytoremediation, oil pollution of the environment.

Вступ. Розробка та експлуатація нафтогазових родовищ є одними з пріоритетних чинників контамінації довкілля.Забруднення навколишнього середовища буровими стічними водами, буровим шламом, відпрацьованим буровим розчином та нафтопродуктами є гострою екологічною проблемою нафтогазовидобувної галузі, оскільки, проникаючи у харчові ланцюги, вони чинять токсичний, мутагенний вплив на живі організми [9,13]. Необхідно відмітити, що часто населені пункти знаходяться на невеликих відстанях від районів нафтогазовидобутку. Численними гігієнічними дослідженнями встановлено зв'язок між концентраціями шкідливих викидів у атмосферу і захворюваннями населення хворобами органів дихання, серцево-судинної системи.

Тому, актуальним завданням є проведення досліджень негативного впливу на довкілля процесу нафтогазовидобутку звикористанням ефективних методів біомоніторингу, що дозволяють отримувати інформацію про стан довкілля на техногенно-трансформованих територіях за допомогою живих організмів.

Постановка завдання. Основними завданнями роботи є:

- аналіз технологічного обладнання свердловини для визначення джерел забрудненнядовкілля;
- формування переліку технологічних процесів буріння, які сприяють потраплянню полютантів в довкілля;
- визначення ефективних методівбіоіндикаційного діагностування стану навколишнього середовища території впливу нафтогазовидобутку;
- обгрунтуванняфіторемедитації нафто забруднених територій;
- розробка рекомендацій і технічних рішень для підвищення екологічної безпеки під час експлуатації свердловин.

Вирішення завдання. Негативну дію на довкілля нафтогазопромислового комплексу досліджували в своїх роботах В.І. Балаба, С.А. Хлуденьов, B. Aase, S. Bakhtyar, M. Bratveit, K.S. Galea, А.І. Булатов, Г.С. Кесельман, Д.В. Московченко, Л.Ф. Петряшин, Я.А. Рязанов, Я.М. Семчук, М.М.Фесенко та інші. В таблиці 1 представлені негативнві зміни навколишнього середовища в процесів нафтогазовидобутку.

Інтенсивність утворення забруднюючих речовин під час розробки свердловини залежить від технічного стану обладнання (відхилення регульованих параметрів від допустимих в результаті фізичного і морального зношення).

Основним технологічним обладнанням з якого можливе надходження полютантів в довкілля є:вишко-лебідковий блок, колектор двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) бурового верстата, блок очистки і приготування бурового розчину, жолобова система, вихлопна труба дизель електростанції, приймальні ємності, блок ємностей для запасу розчину,ємності для хімреагентів,дегазатор,амбари-накопичувачі, факельний викид, ємності для дизпалива,приймальні містки із стелажами, площадка автоспецтехніки.

Таблиця 1

Зміни навколишнього середовища в процесі техногенного впливу нафтогазовидобутку [14]

№	Середовище впливу	Наслідки техногенного впливу
1	Геологічне середовище. Ендогенні процеси	- Зміна режиму нафтогазовмісних пластів: температури, тиску, хімічного складу флюїду, співвідношення вода-нафта-газ, вторинне мінералоутворення, сульфатпродукція, утворення водню і сірководню тощо. - Міжпластові перетокифлюїдів, що тягне виснаження запасів вуглеводнів, утворення нових «техногенних» покладів,перерозподіл пластових тисків тощо. - Зміна хімічного складу і режиму глибоких водоносних горизонтів. - Зміна інженерно-геологічних умов родовища. - Відтік частини рідини і газу з надр на поверхню під частектонічної активізації, негерметичності, причини виходу газу, нафти, пластової води на поверхню,грифоноутворення, карстоутворення, утворення провалів, забруднення і засолення грунтових вод.
2	Геологічне середовище. Екзогенні процеси.	- Ерозія площинна, лінійна берегова, руслова, ярова; - Дефляція. - Просідання поверхні, утворення пагорбів, насипів, виїмок, кар'єрів. - Кріогенез. - Заболочування, підтоплення, осушення, деградація боліт.
3	Атмосферне повітря	- Збільшення запиленості атмосфери. -Утворення смогів, масляного туману. - Збільшення концентрації в повітрі забруднюючих речовин: метану і його гомологів, легких нафтових фракцій, поліциклічних ароматичних вуглеводнів (в т.ч. 3,4 бензпірен),окислів сірки, сірководню, оксидів азоту, оксидів вуглецю, меркаптанів та інших токсичних сполук.
4	Поверхневі і грунтові води	- Забруднення поверхневих вод і донних відкладень: нафтою, сірководнем, важкими металами, іншими токсичними сполуками. - Евтрофікація водойм. - Утворення штучних озер, стариць, водотоків і водоймищ. - Забруднення грунтових вод: нафтою і нафтопродуктами,соленими водами, іншими токсичними сполуками. - Виснаження водоносних горизонтів.
5	Грунти	- Зняття або механічне пошкодження родючого шару. - Забруднення грунту: нафтою і нафтопродуктами, пластовими водами, солями, продуктами неповного згоряння газу, конденсату, нафти, в т.ч. поліциклічними ароматичними вуглеводнями, токсичними речовинами з амбарів, іншими токсичними сполуками, радіоактивними речовинами. - Зміна морфології і фізичних властивостей грунтовогопрофілю: деградація генетичного профілю грунтів, утворення насипних техногенних горизонтів грунтів, цементація,гудронізація, оглеєннятощо. - Зміна фізико-хімічних властивостей ґрунтів: лужно-кислотних, окисно-відновних, складу поглиненихкатіонів. - Трансформація грунтового біоценозу. - Зміна продуктивності (родючості) ґрунтів. - Надходження додаткових поживних речовин,збільшення родючості.
6	Рослинний і тваринний світ	- Деградація лісу: в результаті вирубки, внаслідок хімічного впливу. - Лісові пожежі. - Деградація трав'янистої і кущової рослинності. - Посилення зростання трав'янистої і кущової рослинності, явище гігантизму. - Поява вторинних рослинних угруповань. - Накопичення в рослинах токсичних елементів і сполук. - Зникнення і вимирання іхтіофауни в річках і водоймах. - Збіднення видового складу і зменшення чисельності птахів і ссавців.

На основі розробленої схеми [19] проаналізовано технологічні процеси буріння, які сприяють потраплянню полютантів в довкілля при безаварійній роботі бурової установки.Циркуляція бурового розчину (БР) по жолобовій системі в процесі спуску бурильної колони сприяє потраплянню в атмосферне повітря випарів флюїду. Процес буріннянафтових і газових свердловин супроводжується інтенсивним рухом БР по жолобовій системі, дерідина витікає із високою температурою 40º- 90ºС.

При цьомупрацює блок очищення рідини від вибуреної породи (твердої фази) і дегазатор, які є джерелом надходженням в приземний шар атмосфери (ПША) шкідливих речовин.

Під час підйому бурильної колони з метою заміни породоруйнівного інструменту, вибійного двигуна та інших складових частин самої бурильної колони здійснюється доливання свердловини на об'єм піднятої бурильної колони. Цей процес супроводжується сифонами (розливами бурового розчину під час розгвинчування бурильних труб), а також шар БР залишається на поверхні труб і надходить в ПША.

Серед техногенних факторів, що виникають в процесі експлуатації нафтогазових родовищ, найбільш небезпечними, агресивними і руйнівними для довкілля є хімічні забруднення, пов'язані з розливами нафти, а також поява некерованих газонафтоводопроявів і відкритих фонтанів. Відкритий фонтан – це безконтрольний витік пластового флюїду із свердловини через відсутність противикидного обладнання, його поломки або грифоноутворення. Під час фонтанування в довкілля потрапляють тисячі, а іноді і мільйони кубічних метрів небезпечної газорідинної суміші. Це катастрофічне забруднення довкілля, однак дотримуючись всіх правил його можна уникнути.

Важливим чинником поширення забруднення є природно-кліматичні фактори. У природному середовищі безупинно змінюються температура повітря, швидкість, сила і напряму вітру, тому поширення забруднень відбувається в постійно нових умовах. Процеси розкладання токсичних речовин, що утворюються під час розробки свердловин при малих значеннях сонячної радіації сповільнюються. Опади і високі температури навпаки сприяють інтенсивному розкладанню токсичних речовин.

Розсіювання домішок залежить від напряму і швидкості вітру. Більш висока температура біля поверхні землі в денний час змушує повітря підніматися вгору, що призводить до додаткової турбулентності. Вночі температура біля поверхні землі більш низька, тому турбулентність зменшується.

Підвищення температури повітря з висотою призводить до того, що шкідливі викиди не можуть підніматися вище визначеного рівня. В інверсійних умовах послабляється турбулентний обмін, погіршуються умови розсіювання шкідливих викидів у приземному шарі атмосфери. Тому, необхідно враховувати кліматичні умови під час спорудження нафтогазових свердловин.

Буровий майданчик зі всіма спорудами згідно з санітарними нормами належить до об'єкті II-III класів: (II – СЗЗ 500 м при використанні бурового верстату з дизельним приводом, III – СЗЗ 300 м з електроприводом). На рисунку 1 представлено допустимі відстані між окремими спорудами при будівництві бурової установки.

Для оцінки і прогнозування забруднення довкілля під час нафтогазовидобутку використовуються гранично допустимі концентрації (ГДК), які визначені для обмеженого кола речовин, крім того ГДК визначається тільки для окремої речовини, а в природі існує комплекс забруднюючих речовин.

Дія всіхкомпонентів на живі системи не являє собою простої суми - ці компоненти взаємодіють між собою і з речовинами вже присутніми у навколишньому середовищі на момент забруднення, утворюючи продукти з більш високою токсичністю, або,навпаки, нейтралізуючи один одного. Крім цього слід враховувати можливий кумулятивний ефект.Тому, орієнтаціяоцінок і прогнозів тільки на ГДК досить небезпечна і може використовуватись тільки тимчасово [14].

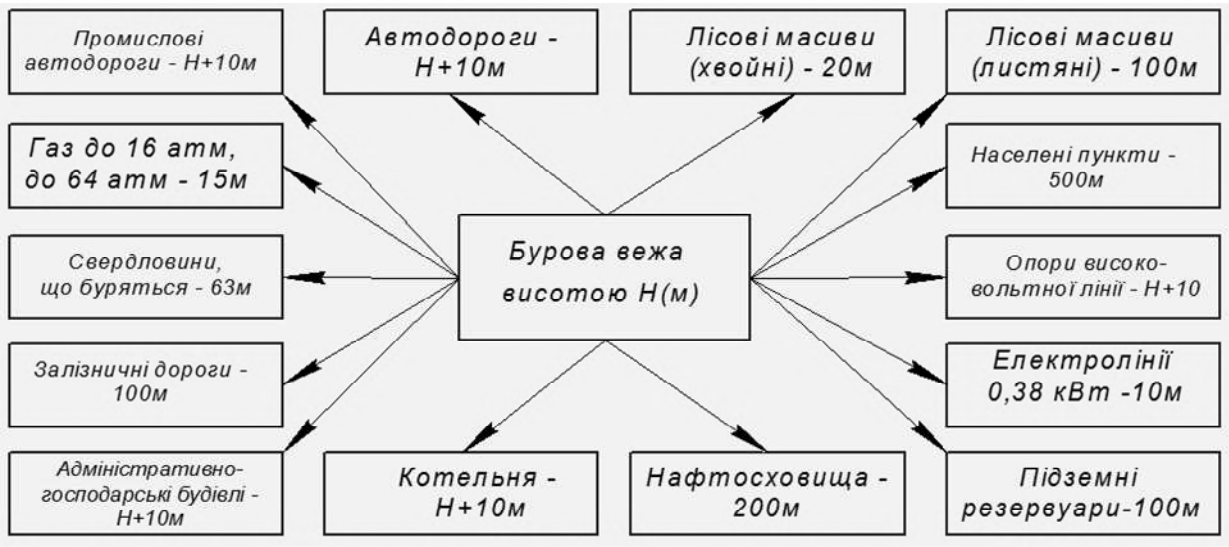


Рис. 1. Схема допустимих відстаней між окремими спорудами при будівництві бурової установки

Одним із методів біологічного моніторингу є біоіндикація − оцінка якості природного середовища за станом його біоти, що передбачає використання маркерів кількісних змін інгредієнтного складу окремих компонентів довкілля − різноманітних реакцій живих систем [8,18].Серед реакцій організмів розглядають анатомо-морфологічні, фізіолого-біохімічні параметри, особливості нагромадження полютантів у біоматеріалі, чисельність та структуру популяцій.

Залежно від типу відповіді на техногенне навантаження біоіндикатори поділяють на дві групи: чутливі та кумулятивні. Перші реагують на стрес значним відхиленням від норми, а другі – накопичують забруднювачі у органах і тканинах без видимих пошкоджень. При перевищенні порогу токсичності полютанта у даного виду проявляються різноманітні реакції, які виражаються у зміні швидкості росту та тривалості фенологічних фаз, біометричних показників, зниженні продуктивності.

Існує дві форми біоіндикації: коли однакові реакції організму можуть бути викликані різними факторами середовища (в тому числі і антропогенного походження) − тоді мова йде про неспецифічну біоіндикацію; коли реакція біосистеми чітко пов'язана зі зміною конкретного фактора − специфічну біоіндикацію.

Біоіндикаційне діагностування стану навколишнього середовища має ряд переваг перед хімічними та фізико-хімічними методами дослідження, а саме [12]:

- відзначається високою чутливістю до надслабких антропогенних змін якості середовища;
- дозволяє своєчасно виявляти наслідки впливу техногенних факторів на якісні показники довкілля;
- дає можливість оцінити рівень забруднення в умовах великого різноманіття ситуацій;
- забезпечує вчасне виявлення наслідків та надання характеристики антропогенних впливів на екосистему, які мали місце в минулому та прогнозування їх післядії.

Первинними реципієнтами комплексного впливу техногенних факторів середовища існування та поглиначами урбопромислових емісій є рослини. У відповідь на техногенне навантаження у них формується низка адаптивних та деструктивних змін, за характером і ступенем прояву яких можна оцінити рівень контамінації довкілля. Особливо перспективними є деревні види, які безпосередньо входять у комплекси озеленення міст та виконують середовищетвірну роль [2]. Актуальним є вивчення комплексного впливу нафтогазового забруднення на життєвість деревних порід з метою добору стійких видів,

підвищення продуктивності та декоративності зелених насаджень, покращення їх санітарно-гігієнічних та захисних функцій.

У сучасній фітоіндикації вагоме місце займає виділення діагностичних параметрів морфологічних ознак рослин-біомаркерів, які відповідають критеріям інформативності та доступності у вивченні. Реакція рослин за їх морфометричними ознаками – інтегральний показник якості довкілля, що відзначається надійністю, простотою та не потребує значних затрат [1].

Найчастіше у цілях біоіндикації використовують різноманітні аномалії росту і розвитку рослин – відхилення від загальних закономірностей, а саме: карликовість та гігантизм органів, деформації та новоутворення [3, 12].

Відомо, що нафтопродукти можуть проникати в рослинний організм, метаболізуватись та транспортуватись у ньому. Згідно з літературними даними [5], нафта чинить негативний вплив на зростання, обмін речовин і розвиток рослин, пригнічує ріст молодих проростків, надземних і підземних частин, значною мірою затримує початок цвітіння і плодоношення.При високих дозах нафти спостерігається зменшення площі асиміляційної поверхні, зниження вмісту суми хлорофілів та посилення активності ферментів антиоксидантного захисту [7].

Оскільки присутність нафти у ґрунті посилює його гідрофобні властивості, зменшення розмірів рослин може бути наслідком водного дефіциту. Наслідком нестачі води в організмі рослин призводить до появи ознак ксероморфності: зменшення розмірів клітин, кількості продихів, зниження товщини листків, посиленого розвитку механічних тканин [10].

Через забруднення ґрунтового покриву нафтопродуктами виникають анаеробні умови, змінюється окисно-відновний потенціал, порушується вуглецево-азотний баланс. Тому, на територіях нафтових виливів рослинність практично відсутня, або видовий склад її збіднений. Водночас в районах нафтовидобутку спостерігається пристосування окремих складових екосистеми до хронічного впливу контамінантів, розвиваються стійкі види, які домінують на фоні пригнічення інших видів [17].

У зв’язку з цим актуальним є аналіз участі рослин у процесах деструкції компонентів нафти та розробка підходів для фіторемедіаціїнафтозабруднених територій. Деякі вищі рослини характеризуються високою поглинальною здатністю вуглеводнів, можливістю детоксифікуватиксенобіотики ароматичного ряду з перетворенням їх до вуглекислоти [4, 16].

Відома участь елодеї канадської (*Elodeacanadensis*Michx.) у очищенні водойм від толуолу, стійкість якої до полютантів пов’язана з високим рівнем активності пероксидази у тканинах [15].

Перспективними фіторемедіантами є такі деревні види – тополя (*Populus*L.), горіх волоський (*Juglansregia*L.), обліпиха крушиновидна (*Hippophaerhamnoides*L.), які успішно адаптуються до екстремальних умов нафтозабрудненого ґрунту, покращують його біологічні та фізико-хімічні властивості, збагачують азотовмісними сполуками, знижують рівень контамінантів у довкіллі [13].

Стійкими до нафтового забруднення є бобові (*Fabaceae*), що пояснюється їх здатністю фіксувати атмосферний азотта розкладати вуглеводні і використовувати їх як альтернативне джерело живлення [21].

Значною фітоіндикаційною інформативністю характеризуються нижчі рослини – мохи та лишайники, які чутливо реагують на зміну складу атмосфери, широко поширені у природі та зручні для експозиції у забруднених районах. Першими в умовах забрудненого довкілля зникають кущисті лишайники, потім – листуваті, і останніми – накипні [12].

Враховуючи вищевикладене, пропонується ряд рекомендацій для підвищення екологічної безпеки під час експлуатації свердловин:

- використовувати удосконалене обладнання, яке зменшує надходження в ПША шкідливих речовин (Патенти України)[6, 11, 20];

- враховувати небезпечні природно-кліматичні умови під час технологічних процесів спорудження свердловини;

- використовувати як показники ГДК, так фітоіндикацію для правдивої оцінки якості природного середовища;

- застосовувати в процесі спорудження нафтогазових свердловин фіторемедитацію для очищення забруднених територій.

В роботі проаналізовано окремі блоки бурового обладнання та виділено найбільш небезпечні технологічні процеси, які сприяють надходженню полютантів в довкілля. Під час буріння свердловин відбувається забруднення всіх компонентів довкілля, однак найбільш вагомий вплив припадає на ПША, тому подальші дослідження доцільно продовжувати для зменшення надходження шкідливих речовин в атмосферу.

Підтверджено доцільність проведенняфітоіндикаціїнафтозабруднених територій з метою виявлення чутливих та інформативних рослин-індикаторів екологічного стану довкілля та стійких видів для фіторемедіації техногенно-трансформованих екосистем.

Література

1. Ганжа Д. Морфологічна реакція листків тополі в різних умовах урботехногенного навантаження /Д. Ганжа // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2012. – Вип. 60. – С. 163-170.

2. Глібовицька Н. І. Вітальність та біоіндикаційна перспективність липи серцелистої (*Tiliacordata* Mill.) в урбоекосистемі Івано-Франківська: автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.16. / Глібовицька Н. І. – Дніпропетровськ, 2015. – 20 с.

3. Глібовицька Н. І. Фітоіндикація міста Івано-Франківська за зміною морфологічних параметрів *Tiliacordata*Mill. / Н.І. Глібовицька// Вісник Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника. Серія «Біологія». – 2012. – Вип. 17. – С. 221–225.

4. Гольдфейн М. Д. Некоторые особенности биоиндикации органических соединений ароматического ряда / М. Н. Гольдфейн // Сборник научных трудов «Современный мир, природа и человек». – 2009. – Т. 1, вып. 1. – С. 107-108.

5. Зильберман М. В. Биотестирование почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. / М.В. Зильберман, Е.А. Порошина. - Пермь: УралНИИ «Экология», 2005. – 110 с.

6. Іващенко В., Шкіца Л. Є., Яцишин Т.М., Лях М. М. Патент України 108717 МРК E21B 37/02(2006.01) B08B 9/023 (2006.01). Пристрій для очищення свердловинного інструменту.

7. Карпин О. Л. Реакція антиоксидантної системи рослин *Carexhirta*L. *Fababona*Medic. (*Viciafaba*L.) в умовах нафтового забруднення ґрунту: автореф. дис. … канд. біол. наук: 03.00.12. / О.Л. Карпин– Київ, 2010. – 20 с.

8. Клименко М. О. Моніторингдовкілля. / М.О. Клименко, А.Н. Прищепа, Н.М.Вознюк. – К.: Академія, 2006 – 360 с.

9. Кодина Л. А. Геохимическая диагностика нефтяного загрязнения почвы. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. / Л.А. Кодина– М.: Наука, 1988. – С. 112-122.

10. Кордюм Е. Л. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. / Е.Л. Кордюм– К.: Наукова думка, 2003. – 277 с.

11. Лях М.М. Пат. 89267 Україна, МПК(2009) H 04 C 5/00. Гідроциклон / Лях М.М., Вакалюк В.М., Яцишин Т.М., Солоничний Я.В., Лях Ю.М., Вільчик О.Г.; заявник і патентовласник ІФНТУНГ - №a200804167; заявл. 02.04.2008; опубл.11.01.2010, Бюл. №1, 2010.

12. Мелехова О. П. Биологический контроль окружающейсреды:биоиндикация и биотестирование. / О. П. Мелехова, Е.И. Егорова– М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

13. Романюк О. І. Комплексний екологічний моніторинг нафто забруднених територій на прикладі м. Борислава / О.І. Романюк, Л.З. Шевчик // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2013. – № 5. С. 19-22.

14. Саксонов М. Н., Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы: учеб.пособие. / М.Н. Саксонов, А.Д. Абалаков, Л. В. Данько, О.А.Бархатова и др. – Иркутск: Иркут.ун-т, 2005. – 114 с.

15. Тумайкина Ю. А. Деструкція вуглеводнів і їхніх похідних рослинно-мікробною асоціацією на основі елодеї канадської / Ю.А.Тумайкина, О.В. Турковская, В.В. Ігнатов// Прикладна біохімія й мікробіологія. – 2008. – Т. 44, № 4. – С. 422-429.

16. Угрехелидзе Д. Ш. Метаболизм екзогенныхалканов и ароматических углеводородов в растениях./Д.Ш.Угрехелидзе– Тбилиси: Мецниереба, 1976. – 121 с.

17. Цайтлер М. Й. Відновлення рослинного покриву і зміни структури ценопопуляційтравяних рослин на нафтозабруднених територіях Бориславського нафтового родовища: автореф. дис. … канд. біол. наук./ М.Й. Цайтлер - Дніпропетровськ. – 2001. – 16 с.

18. Шуберт Р. Биоиндикациязагрязненийназемныхэкосистем. /Р. Шуберт − М.: Мир, 1988. – 348 с.

19. Шкіца Л.Є. Аналіз насосно-циркуляційної системи бурової установки з точки зору екологічної безпеки / Л.Є. Шкіца, Т.М. Яцишин // «Сучасні проблеми та шляхи їх вирішення в науці, транспорті, виробництві та освіті 2012»: Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції http://www.sworld.com.ua/konfer29/1018.pdf.

20. Шкіца Л.Є. Пат.101928 Україна, (2012.01) B65G27/00. Вібросито для очищення бурового розчину / Шкіца Л.Є., Яцишин Т.М., Лях М.М., Федоляк Н.В. заявник і патентовласник ІФНТУНГ - №a201206535; заявл. 29.05.2012; опубл. 13.05.2013, Бюл. №9, 2013.

21. JitaPatra, Brahma B. A comparison of biochemical responses to oxidative and metal stress in seedlings of barley, *Hordeumvulgare* L./JitaPatra, B.Brahma // Environmental pollution. – 1998. – № 101. –P. 99-105.

УДК 628.3:622.323

Гринюк В.І., Архипова Л.М.
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ЗВОРОТНИХ ВОД ДОПОМІЖНИХ ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВИДОБУВНОГО УПРАВЛІННЯ «ДОЛИНАНАФТОГАЗ»

Проведено порівняльну характеристику об'ємів та якісних показників зворотних вод Прикарпатського нафтогазовидобувного підприємства «Долинанафтогаз», що відводяться у водні об'єкти Долинського району Івано-Франківської області. Побудовано карту-схему з основними джерелами техногенного забруднення річки Саджави Дністровського басейну. Проаналізовано показники якості зворотних вод за 2012-2014 рр. по чотирьох випусках підприємства та процес очистки стічних вод по кожному випуску. Рекомендовано ряд заходів щодо підвищення рівня екологічної безпеки підприємства в частині його впливу на екологічний стан природних водотоків.

Ключові слова: НГВУ «Долинанафтогаз», зворотні води, випуски, водні об'єкти, показники якості, екологічна безпека

Проведена сравнительная характеристика объемов и качественных показателей сточных вод Прикарпатского нефтегазодобывающего предприятия «Долинанафтогаз», отводимых в водные объекты Долинского района Ивано-Франковской области. Построено карту-схему с основными источниками техногенного загрязнения реки Саджавы Днестровского бассейна. Проанализированы показатели качества сточных вод по 2012-2014 гг. по четырем выпускам предприятия и процесс очистки сточных вод по каждому выпуску. Рекомендовано ряд мероприятий по повышению уровня экологической безопасности предприятия в части его влияния на экологическое состояние природных водотоков.

Ключевые слова: НГДУ «Долинанафтогаз», сточные воды, выпуски, водные объекты, показатели качества, экологическая безопасность

A comparative description of the volume and quality return water Precarpathian oil and gas company "Dolynanaftogas" that drained into Dolyna district, Ivano-Frankivsk region river. Schematic map of the main sources of river pollution Sadzhavky river Dniester planted is built. Return water quality indicators for the years 2012-2014, in four drains of the company are analyzed. The process of wastewater treatment in each issue is described. Several measures to improve environmental safety of the enterprise in terms of its impact on the ecological state of watercourses are recommended.

Keywords: OGPD "Dolynanaftogas", return water, issues, surface water, quality, environmental safety

Постановка проблеми. Нафтогазова промисловість є одним з основних джерел забруднення водних об'єктів. Вода використовується для технологічних процесів видобутку нафти і газу, а саме: для підтримання пластового тиску, заводнення пластових горизонтів, компенсації відбору сировини з продуктивних горизонтів. Найбільша кількість води витрачається на етапі підготовки нафти в процесі її зневоднення і знесолення. При потраплянні нафтопродуктів у водоносні горизонти значні обсяги води є непридатними для побутово-господарського споживання. До того ж, наявні очисні споруди, технології очистки є застарілими і не ефективними, що призводить до неналежної якості зворотних, стічних вод і, як наслідок, до екологічних проблем водоприймачів - поверхневих водотоків.

© Гринюк В. І., Архипова Я. М., 2016

Аналіз публікацій і досліджень. Питаннями вивчення оцінки якості води в районах нафтогазовидобутку займалися вітчизняні й зарубіжні фахівці, які розглядали проблему в декількох аспектах. Основи загальної концепції охорони гідросфери у районах інтенсифікації видобутку нафти викладені у роботах Адаменка О.М., Барановського В.Д., Боревської Н.В., Борзакова Л.А., Гаврилова І.Т., Леонова В.П., Попова А.А., Семчука Я.М., Титова Н.А. Результати досліджень цих науковців дали змогу впровадити методи захисту поверхневих та ґрунтових вод у районах техногенного впливу нафтових родовищ. Значний внесок у методику комплексної оцінки стану річкових басейнів із водогосподарських позицій зробив Яцик А.В.

Однак, проблеми екологічної безпеки окремо взятих нафтогазовидобувних підприємств (НГВУ) в частині їх впливу на водні об'єкти залишаються невирішеними. Так, на Прикарпатті, не дивлячись на занепад розвитку промисловості, зменшення промислових об'ємів використання води, зниження її забруднення, р. Саджава демонструє стан постійного забруднення [1]. Тому актуальним є дослідження та контроль стану зворотних вод, що скидаються у водні об'єкти нафтогазовидобувними підприємствами, зокрема, НГВУ «Долинанафтогаз», та розробка заходів з підвищення рівня екологічної безпеки водоприймачів підприємства.

Мета і задачі. Мета статті – аналіз якості стічних вод нафтогазового підприємства, що відводяться у водні об'єкти Долинського району Івано-Франківської області. Для реалізації поставленої мети потрібно виконати ряд задач:

- проаналізувати динаміку об'ємів скидів зворотних вод та показники їх якості;
- встановити основні джерела забруднення річки Саджава (права притока Свічі), що являється однією з найбільш забруднених річок Івано-Франківській області;
- виявити взаємозв'язок між надходженням забруднюючих речовин зі стоком та зміну природної якості води;
- розробити заходи з підвищення рівня екологічної безпеки водоприймачів підприємств.

Матеріали та результати досліджень. НГВУ "Долинанафтогаз" знаходиться в м. Долині Івано-Франківської області, здійснює видобуток нафти, конденсату і попутного газу, їхню переробку та перекачку до споживачів. Виробничі об'єкти НГВУ розташовані на Долинському, Вигода-Витвицькому, Північно-Долинському, Танявському родовищах (Долинський район Івано-Франківської області) та на Струтинському, Спаському, Ріпнянському, Підляському родовищах (Рожнятівський район Івано-Франківської області).

Процес видобування та підготовки сировини до переробки відбувається на основних технологічних дільницях НГВУ "Долинанафтогаз": цехи видобутку нафти і газу (ЦВНГ), цех підготовки та перекачки нафти (ЦППН), цех підтримки пластового тиску (ЦППТ), цех підземного та капітального ремонту свердловин (ЦПКРС). Основні технологічні дільниці обслуговуються допоміжними структурними підрозділами, що використовують в роботі воду та відводять очищену зворотну у природні водні об'єкти. До таких допоміжних підрозділів належать: база матеріально-технічного забезпечення (БМТЗ), цех технологічного транспорту №1,3 (ЦТТ-1,3).

Водопостачання допоміжних структурних підрозділів здійснюється з системи комунального водопроводу Долинського водопровідно-каналізаційного господарства (для господарсько-питного водокористування) та власних водозаборів, розташованих на річках Свіча, Чечва, Жижава та Смерека (для виробничого водокористування).

На об'єктах НГВУ "Долинанафтогаз" формуються три типи зворотних вод: виробничі, господарсько-побутові та дощові. Відведення зворотних вод проводиться від таких структурних підрозділів як:

- автоколона №1, 3 цеху технологічного транспорту;
- автоколона № 5;
- база матеріально-технічного забезпечення;

- очисні споруди адміністративного корпусу НГВУ “Долинанафтогаз”[2, 3].

Відповідно до вимог ст. 32 Водного кодексу України скид зворотних вод у відкриті водотоки проводиться на основі розробленого та затвердженого документу ”Проекту гранично допустимих скидів (ГДС) речовин, що надходять у водні об’єкти зі стічними водами”. Проект нормативів ГДС речовин для НГВУ “Долинанафтогаз” затверджено і узгоджено для чотирьох випусків стічних вод.

Скид зворотних вод структурних підрозділів НГВУ відбувається у природні водотоки - річки Тур’янка, Лущава, Саджава. Для прийому, транспортування, очищення та випуску виробничих, господарсько-побутових зворотних вод, служить комплекс очисних споруд, каналізаційних мереж та обладнання.

Випуск № 1 формується з виробничих, господарсько-побутових та дощових очищених зворотних вод автоколони №1,3 цеху технологічного транспорту. До складу підрозділу входить мийка автомобілів, майстерня. З мийки автомобілів автоколони №3 зворотні води скидають на двохкоридорний залізобетонний відстійник з переливом (20 х8 м) глибиною 9 м. Після очищення зворотні води подаються в самотічний колектор з системою колодязів і виходом на річку Тур’янка. Очистка відстійника проводиться два рази на рік. По випуску №1 проводиться механічна очистка зворотних вод на очисних спорудах з проектною потужністю для дощових стічних вод 20 л/с, для мийки автомобілів - 10 л/с. Вимоги до води річки Тур’янки прийняті як до водойм комунально-побутового водокористування. Постає питання про підвищення вимог до рибогосподарських, оскільки річка Тур’янка надалі впадає в річку Свічу, яка є, в свою чергу притокою Дністра, які є рибогосподарськими з наявністю червонокнижних видів гідробіонтів.

Випуск № 2 формується із зворотних вод автоколони №5, які від боксів тракторного парку проходять механічне очищення на відстійнику і далі скидаються в самотічний колектор із системою колодязів відстійників з переливами в річку Саджава. Проектна потужність очисних споруд складає 9,32 м^3/добу, 3400 м^3/рік. У зв’язку з тим, що випуск зворотних вод здійснюється за межами населеного пункту, вимоги до води річки Саджава прийняті як до водойми рибогосподарського водокористування.

Випуск № 3 формується з господарсько-побутових зворотних вод адміністративного корпусу підприємства, виробничих вод котельні та дощових вод. Господарсько-побутові стічні води проходять очистку на очисних спорудах, які складаються із залізобетонного септика, колодязя дозатора, піщано-гравійного фільтра, контактного резервуару.

Води котельні скидаються в дощову каналізацію, минаючи біологічну очистку (піщано-гравійний фільтр), в проміжному колодязі з’єднуються з очищеними господарсько-побутовими стічними водами і дальше відводяться у річку Лущава. Проводиться біологічна очистка зворотних вод на очисних спорудах з проектною потужністю 4,3 м^3/добу, 1600 м^3/рік .

Випуск № 4 формується з господарсько-побутових та дощових зворотних вод бази матеріально-технічного забезпечення. Стічні води проходять очищення в септику, а після цього надходять до відстійника і фільтруються на піщано-гравійному фільтрі. Біологічна очистка відбувається на очисних спорудах з проектною потужністю 12,5 м^3/добу, 1600 м^3/рік, механічна очистка для дощових стічних вод 30 л/с [2, 3].

Порівняльні дані по кількості зворотних вод, що відводились у водні об'єкти за 2007-2014 рр. по чотирьох випусках приведені в таблиці 1.

Найбільшу кількість зворотних вод (56,8 тис. м^3) було відведено у р.Тур’янку (випуск № 1) у 2010 році. Це пов’язано з більшою кількістю вод, що відводились з території НГВУ ”Долинанафтогаз” внаслідок того, що рік відзначався інтенсивними атмосферними опадами.

Таблиця 1

Об'єми зворотних вод, що відводяться у водні об'єкти (тис.м^3)

№ п/п	Випуски	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Вип.1	р. Тур'янка	47,4	55,2,	44,4	56,8	29,3	43,1	30,5	33,4
Вип.2	р. Саджава	1,6	1,8	2,6	1,2	0,6	1,2	1,5	1,4
Вип.3	р. Лущава	40,3	52,5	34,9	51,4	31,4	37,9	34,5	36,2
Вип.4	р. Тур'янка	9,4	12,0	7,1	13,2	12,0	9,9	14,1	13,3

Порівнюючи скиди зворотних вод у р. Саджаву (випуск №2) за період з 2007 по 2014 р., максимальний показник скиду становив 2,6 тис. м^3 (2009 р.) , мінімальний - 0,6 тис. м^3 (2011 р.). Значення основних показників забруднюючих речовин змінювалися в межах:

- БСК – від 9,0 мгO_2/дм^3 до 21,0 мгO_2/дм^3, що в 3– 7 раз вище ГДК;
- азот амонійний – від 1,6 мг/дм^3 до 5,9 мг/дм^3;
- амоній солевий – від 2 мг/дм^3 до 7,6 мг/дм^3, що в 4-15,2 раз вище ГДК;
- нітрити – від 0,2 до 0,5 мг/дм^3, що в 2,5-6,25 раз вище ГДК.

Загалом у р. Саджаву відводять найменшу кількість стічних вод по всіх чотирьох випусках НГВУ "Долинанафтогаз". Проте вище контрольованих створів даний водотік приймає зворотні води деревообробного підприємства ТОВ "Уніплит" та комунальних очисних споруд м. Долина. На формування якості води в річці Саджава вагоме значення має антропогенний фактор. Показниками процесу формування є господарсько-побутові та промислові зворотні води, що скидаються у річку вище даних контрольованих створів. Від недостатньо очищених зворотних вод ТОВ "Уніплит" на дні річки накопичена велика кількість мулу, що надає буре забарвлення воді та неприємний запах.

З метою подальшого удосконалення системи моніторингу екологічної безпеки НГВУ «Долинанафтогаз» нами була побудована карта техногенних випусків у р. Саджава в межах м. Долина (рис.1).

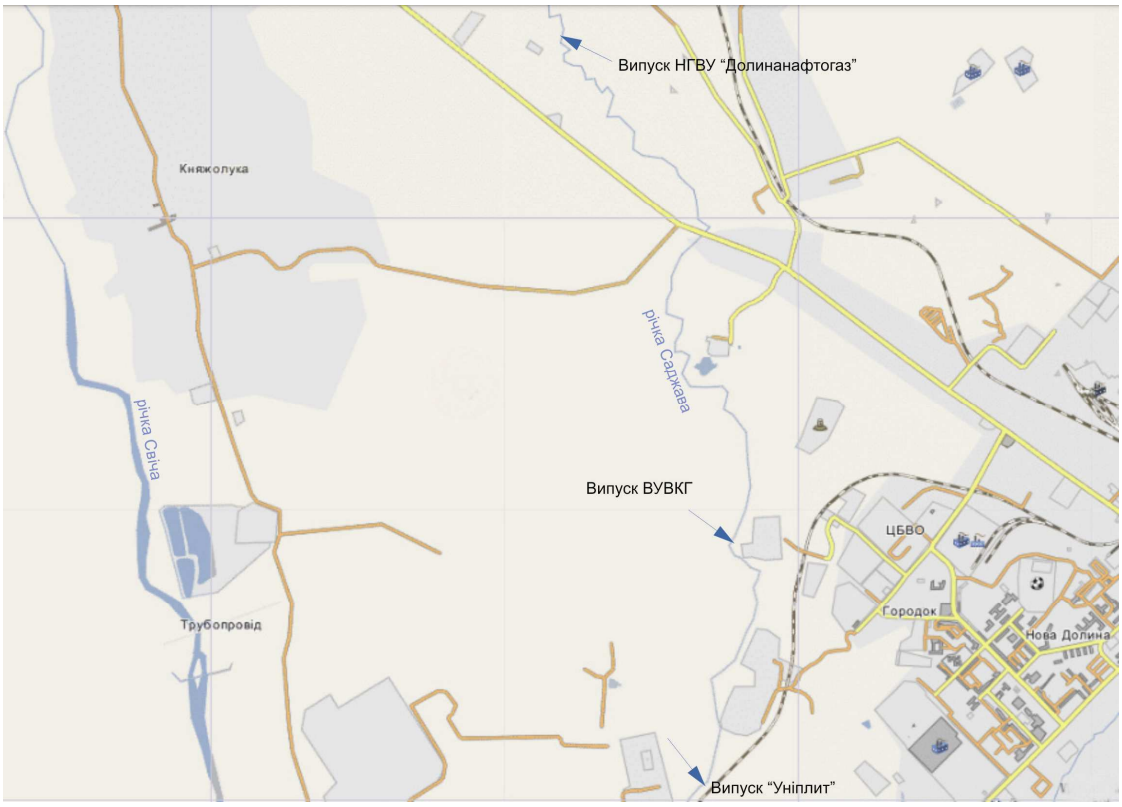


Рис. 1. Карта-схема водовідведення стічних вод у річку Саджаву

У р. Лущаву найбільший відвід зворотних вод відбувся у 2008 р., об'єм якого становив 52,5 тис. м^3, найменший - у 2011 р., об'єм якого склав 31,4 тис. м^3, оскільки у 2011 р. було зменшено об'єм стічних вод, який скинуто від об'єктів соціальної сфери НГВУ в каналізаційну мережу Долинського ВУВКГ на 1,9 тис.м^3.

Через випуск № 4 максимальну кількість відведення зворотних вод протягом досліджуваних 8 років зафіксовано у 2013 р. (14,1 тис. м^3), мінімальну кількість зафіксовано у 2009 р. (7,1 тис. м^3).

Для того, щоб перевірити відповідність якості зворотних вод, що скидаються у водні об'єкти, підприємством проводиться їх аналіз. Результати вимірювання показників якості цих вод за період з 2012 по 2014 р представлені у таблиці 2,3,4,5 [2,3]. Тут же для порівняння вказані гранично допустимі концентрації контрольованих показників складу зворотних вод згідно проекту ГДС.

Проаналізувавши результати складу зворотних вод випуску №1 можна зазначити, що якісні показники зворотних вод покращились у порівнянні з 2012, 2013 рр., проте перевищення нормативних показників все таки існують, а саме:

- у третьому та четвертому кварталах 2012 р. зафіксовано перевищення нітритів на 0,03 мг/дм^3 , а також у другому та третьому кварталах 2013р. перевищення на 0,03 мг/дм^3 і 0,01 мг/дм^3 , при цьому ГДК - 0,08 мг/дм^3 ;

- у першому та третьому кварталах 2013 р. перевищення концентрації амонію сольового на 0,06 мг/дм^3 і 0,42 мг/дм^3 відповідно;

- перевищення завислих речовин відбувалося протягом 2012-2014 рр., максимальний показник становить 42 мг/дм^3 (2012 р.), що в 56 разів перевищує ГДК;

- концентрація фосфатів в межах 0,12- 0,16 мг/дм^3 , що перевищує норматив на 0,04 і 0,08 мг/дм^3 , при ГДК -0,08 мг/дм^3 ;

- ХСК в межах 21-28,2 мгO_2/дм^3 , що в 1,4-1,88 раз перевищує ГДК;

- БСК в межах 6,2- 8,4 мг O_2/дм^3 , що в 1,03 і 1,4 рази перевищує норматив.

Таблиця 2

Результати вимірювання показників якості зворотних вод автоколони 1,3 цеху технологічного транспорту (ЦТТ) за період з 2012 по 2014 р.

Рік	Квартал року	Масова концентрація контрольованих показників мг/дм^3									
		Cl	SO4	N в групі NH4	NO2	NO3	Амоній солевий (NH4)	Завислі речов.	Фос-фати	ХСК	БСК
2012	I	63,8	35,8	0,39	0,05	1,3	0,5	*29*	0,08	*28,2*	*7,47*
	II	35,5	32,5	0,39	<0,04	<0,01	0,4	*42*	*0,12*	*22,1*	*7,2*
	III	53,2	52,3	<0,08	*0,11*	1,52	<0,1	*36*	0,07	*30,7*	*6,8*
	IV	85,1	43,2	0,38	*0,11*	2,2	0,49	*24*	0,05	*22,8*	*7,4*
2013	I	56,7	23,0	0,44	0,03	1,6	*0,56*	*30*	<0,05	*23,2*	5,2
	II	226,9	45,7	0,33	*0,11*	3,44	0,42	*25*	<0,05	*23,8*	*8,4*
	III	21,3	15,2	0,72	*0,09*	1,86	*0,92*	*29*	<0,05	*24,7*	*7,2*
	IV	17,7	30,9	0,3	*0,1*	2,22	0,38	*27*	0,074	*25,7*	*7,7*
2014	I	21,3	<50	0,28	0,04	2,19	0,36	*24*	*0,1*	*22*	*7,6*
	II	21,3	19,7	0,11	<0,03	1,2	0,14	*32*	<0,05	*26,7*	*8,3*
	III	56,7	29,3	0,12	0,07	4,6	0,16	*28*	*0,1*	*21*	*6,2*
	IV	14,2	19,8	0,18	0,07	6,34	0,23	*22*	*0,16*	*23*	*6,2*
ГДК		**300**	**100**	**-**	**0,08**	**45**	**0,5**	**0,75**	**0,08**	**15**	**6**

Випуск зворотних вод автоколони 5 відбувається в основному без перевищень ГДК, але певне перевищення допустимих концентрацій спостерігалося протягом 2012-2014 рр.:

- за вмістом нітритів в межах 0,15 - 0,28 мг/дм^3, що в 1,8-3,5 раз перевищує ГДК (ГДК - 0,08 мг/дм^3);

- амонію сольового в межах 0,67-2,5 мг/дм^3, що в 1,34-5 раз перевищує ГДК;

- за вмістом фосфатів в межах 0,1-0,178 мг/дм^3 , що в 1,25 -2,23 рази перевищує ГДК;
- ХСК в межах 22-32,7 мг O_2/дм^3 що в 1,5 -2,18 рази перевищує ГДК;
- БСК в межах 6,4-8,8 мг O_2/дм^3 що в 1,06-1,46 раз перевищує ГДК.

Господарсько-побутові, виробничі умовно-чисті стічні води адміністративного корпусу НГВУ (випуск №3) за період дослідження з 2012 по 2014 рр. характеризуються підвищеним вмістом амонію сольового, азоту амонійного, фосфатів, органічних речовин як наслідок недостатньо очищених господарсько-побутових вод.

Таблиця 3

Результати вимірювання показників якості зворотних вод автоколони 5 за період з 2012 по 2014 р.

Рік	Квартал року	Масова концентрація контрольованих показників, мг/дм^3									
		Cl	SO_4	N в групі NH_4	NO^2	NO^3	Амоній сольовий (NH_4)	Завислі речовини	Фосфати	ХСК	БСК
2012	I	14,2	27,2	<0,08	<0,03	4,4	<0,1	*26*	*0,11*	*23,3*	*8,8*
	II	21,3	26,8	1,95	0,08	4,1	*2,5*	*12*	0,05	*27,9*	1,7
	III	10,6	30,0	0,52	0,08	2,7	*0,67*	*25*	*0,178*	*27,7*	*7,6*
	IV	17,7	30,9	0,26	*0,16*	20,35	0,33	*23*	*0,1*	*22,8*	*6,8*
2013	I	10,6	20,6	<0,08	<0,03	4,65	<0,1	*19*	<0,05	*24,2*	*6,8*
	II	10,6	30,5	0,6	<0,03	1,36	*0,77*	*21*	<0,05	*25,7*	*6,4*
	III	14,2	9,05	1,14	*0,14*	6,73	*1,5*	*20*	*0,132*	*25,7*	*7,4*
	IV	12,4	27,6	-	*0,28*	2,62	*1,03*	*22*	<0,05	*32,7*	*6,9*
2014	I	10.6	<50	0,3	<0,03	3,65	0,39	*21*	*0,1*	*26*	*6,8*
	II	17,7	11,5	0,66	<0,03	<0,5	*0,85*	*25*	0,06	*24,7*	*6,8*
	III	10,6	16,9	0,37	*0,15*	3,05	0,48	*21*	0,08	*24,7*	*6,8*
	IV	10,6	16,5	0,26	0,05	1,33	0,34	*22*	*0,15*	*22*	*6,4*
ГДК		**300**	**100**	**-**	**0,08**	**45**	**0,5**	**0,75**	**0,08**	**15**	**6**

Таблиця 4

Результати вимірювання показників якості зворотних вод адміністративного корпусу НГВУ"Долинанафтогаз" за період з 2012 по 2014 р.

Рік	Квартал року	Масова концентрація контрольованих показників, мг/дм^3									
		Cl	SO_4	N в групі NH_4	NO^2	NO^3	Амоній солевий (NH_4)	Завислі речов.	Фосфати	ХСК	БСК
2012	I	70,9	69,1	11,5	*2,04*	0,7	*14,5*	*20*	*3,89*	*40,8*	*11*
	II	39	15,2	6,3	<0,03	<0,5	*17,36*	*12*	*4,41*	*46,1*	*10,9*
	III	46,08	56,4	19,9	<0,03	<0,5	*8,08*	*16*	*1,55*	*44,9*	*6,6*
	IV	53,17	17,7	1,87	*1,03*	7,97	*25,45*	*15*	*0,72*	*31,7*	*8,2*
2013	I	42,5	30,5	11,47	<0,02	4,8	*14,7*	*16*	*1,69*	*40,7*	*8,33*
	II	24,8	27,2	5,41	*0,17*	4,62	*6,93*	*16*	*0,62*	*39,6*	*12,4*
	III	74,4	12,3	51,6	*0,17*	10	*66,23*	*17*	*3,46*	*49,5*	*17,5*
	IV	70,9	49,4	30,7	*0,68*	7,29	*39,4*	*15*	*3,4*	*44,54*	*13*
2014	I	60,26	<50	34,22	*1,23*	1,78	*43,87*	*14*	*6,92*	*43*	*12,8*
	II	56,72	35	23,8	0,04	<0,5	*30,5*	*19*	*3,1*	*41,6*	*12,9*
	III	39	32,9	22,7	<0,03	<0,5	*29,12*	*16*	*7,95*	*46*	*13,5*
	IV	46,09	33,3	13,8	*0,38*	41	*17,68*	*18*	*0,36*	*33*	*10,5*
ГДК		**300**	**100**	**-**	**0,08**	**45**	**0,5**	**0,75**	**0,08**	**15**	**6**

Зокрема:

- за вмістом азоту амонійного найбільше значення концентрації спостерігалось у 2013 р. - 51,6 мг/дм^3 (третій квартал);
- вміст нітритів коливається в межах 0,17- 2,04 мг/дм^3 , що перевищує в 2,12 - 25,5 разів норматив ГДК;

- перевищення концентрації амонію сольового відбувалося у всіх чотирьох кварталах протягом 2012-2014 рр., максимальний показник становив 66,23 мг/дм^3 (третій квартал 2013 р), що в 132,5 раз перевищує ГДК;

- за вмістом завислих речовин значення коливались в межах 12-20 мг/дм^3 , що в 16-26,7 раз перевищує ГДК;

- перевищення фосфатів спостерігається за весь період дослідження, максимальний показник становить 7,95 мг/дм^3 (третій квартал 2014 р.), який перевищує норматив в 99,4 рази, при ГДК 0,08 мг/дм^3 ;

- ХСК в межах від 31,7 мг O_2/дм^3 до 49,5 мг O_2/дм^3 , що в 2-3,3 рази перевищує ГДК;

- перевищення БСК спостерігається протягом 2012-2014 р., максимальний показник зафіксовано у третьому кварталі 2013 році (17,5 мг O_2/дм^3), який в 3 рази перевищує ГДК.

Якість виробничо-побутових та дощових стічних вод бази матеріально-технічного забезпечення (табл.5) характеризується стабільними показниками вмісту забруднюючих речовин протягом всього періоду спостережень.

Таблиця 5

Результати вимірювання показників якості зворотних вод бази матеріально-технічного забезпечення за період з 2012 по 2014 р.

Рік	Квартал	Масова концентрація контрольованих показників, мг/дм^3									
		Cl	SO_4	N в групі NH_4	NO^2	NO^3	Амоній солевий (NH_4)	Завислі речов.	Фосфати	ХСК	БСК
2012	I	53,2	57,6	0,6	0,05	3,6	*0,8*	*14*	*0,09*	*20,4*	3,6
	II	49,6	67,1	0,6	0,04	3,4	*0,94*	*16*	<0,05	*18,3*	2,1
	III	31,9	71,2	<0,078	0,03	1,46	<0,1	*8*	<0,05	*17,6*	4,2
	IV	67,35	50,6	0,41	*0,11*	4,76	*0,53*	*19*	<0,05	*25,7*	3,8
2013	I	39	35,8	0,38	*0,22*	5,65	0,49	*16*	0,05	*27,2*	3,2
	II	17,7	42,8	0,44	*0,13*	2,09	*0,57*	*16*	<0,05	*27,7*	4
	III	63,8	44,9	0,68	*0,131*	2,33	*0,87*	*23*	*0,147*	*29,7*	*8,4*
	IV	35,5	68,3	-	*0,34*	2,71	*0,57*	*15*	*0,14*	*28,7*	5,6
2014	I	49,6	<50	1,25	*0,11*	3,06	*1,6*	*16*	*0,29*	*23*	4,4
	II	53,18	18,5	<0,08	<0,03	2,8	<0,1	*15*	<0,05	*25,7*	4,4
	III	24,8	14,4	0,86	*0,15*	2,68	*1,1*	*14*	*0,13*	*24*	*6,6*
	IV	21,27	15,6	0,47	0,03	2,5	*0,6*	*16*	<0,05	*23*	6
ГДК		**300**	**100**	**-**	**0,08**	**45**	**0,5**	**0,75**	**0,08**	**15**	**6**

Перевищення нормативів ГДК спостерігались за вмістом азоту амонійного, нітритів, амонію сольового, фосфатів, ХСК та БСК, а саме:

- перевищення азоту амонійного в межах 0,44- 1,25 мг/ дм^3;

- максимальний показник вмісту нітритів зафіксовано у четвертому кварталі 2013 році, що становить 0,34 мг/дм^3 та перевищує норматив ГДК в 4,25 раз;

- вміст амонію сольового коливається в межах 0,57-1,6 мг/дм^3, що в 1,14-3,2 рази перевищує ГДК;

- зафіксовано 5 випадків перевищення вмісту фосфатів (перший випадок – у першому кварталі 2012 р., другий і третій - у третьому та четвертому кварталах 2013 р., четвертий і п’ятий – у 2014 р.). Максимальний показник становить 0,29 мг/дм^3 що в 3,6 рази перевищує ГДК.

У зв’язку з перевищенням допустимих концентрацій по окремих показниках всі стічні води даного підприємства класифікуються як забруднені.

Отже, для підвищення рівня екологічної безпеки водоприймачів стічних вод, у зв’язку з тривалою експлуатацією систем відведення зворотних вод у річки Тур’янка, Лущава та Саджава необхідно:

- проводити періодичний огляд очисних споруд,

- згідно регламенту проводити метрологічну повірку приладів обліку витрат води;

- систематичне очищення піщано-гравійних фільтрів, підвідних трубопроводів, колодязів відстійників, нафтовловлювачів, жировловлювачів на об'єктах НГВУ "Долинанафтогаз".

Для подальшого контролю стану та встановлення впливу виробничих об'єктів даного підприємства на природні води Долинського району необхідно модернізувати систему гідрохімічного моніторингу.

Для підвищення рівня екологічної безпеки підприємства в частині його впливу на екологічний стан природних водотоків необхідна реконструкція або технологічне оновлення діючих очисних споруд, оборотних систем водопостачання НГВУ, а також скорочення обсягів скидів забруднень у природні водотоки шляхом вдосконалення технологічних процесів.

Висновки. Проведено порівняльну характеристику об'ємів та якісних показників зворотних вод Прикарпатського нафтогазовидобувного підприємства «Долинанафтогаз», що відводяться у водні об'єкти Долинського району Івано-Франківської області. За результатами досліджень даних по скидах стічних вод від допоміжних об'єктів НГВУ "Долинанафтогаз" виявлено перевищення концентрацій азоту амонійного, нітритів, амонію сольового, завислих речовин, фосфатів, ХСК, БСК по всіх чотирьох випусках підприємства. Побудовано карту-схему з основними джерелами техногенного забруднення річки Саджави Дністровського басейну. Рекомендовано ряд заходів щодо підвищення рівня екологічної безпеки підприємства в частині його впливу на екологічний стан природних водотоків.

Література

1. Архипова Л. Моделювання і оцінка просторових закономірностей характеристик гідроекосистеми р. Дністер в межах Карпатського регіону /Л.Архипова// Екологічна безпека, №1/2012 (13), Кременчуцький національний університет ім.. М. Остроградського, Кременчук, 2012 – С.22-26

2. Дозвіл на спеціальне водокористування НГВУ "Долинанафтогаз", 2012 .

3. Звіт "Проведення гідрохімічного моніторингу стану поверхневих та піземних вод в постійних та періодичних пунктах спостережень вмежах впливу об'єктів НГВУ "Долинанафтогаз", визначення фізико-хімічних властивостей і хімічного складу стічних вод, які скидаються у міську каналізацію" за 2012, 2013, 2014 роки.

ЕКОЛОГІЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК (574+502):55

Зорін Д.О.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ГЕОЛОГІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Екологічна геологія – новий науковий напрямок, що успішно розвивається в Україні, але має проблеми з оцінкою екологічної безпеки геологічного середовища.
Ключові слова: екологічна геологія, геологічне середовище, природно-антропогенні геосистеми, геоекологія.

Экологическая геология – новое научное направление, успешно развивающееся в Украине, но имеет проблемы с оценкой экологической безопасности геологической среды.
Ключевые слова: экологическая геология, геологическая среда, природно-антропогенные геосистемы, геоэкология.

Environmental geology – is new scientific field that successfully develops in Ukraine, but have problems with the assessment of environmental safety geological environment.
Keywords: environmental geology, geological environment, natural anthropogenic geosystems, geoecology.

Постановна проблеми. Екологічна геологія - це новий науковий напрямок, що виник в останні два десятиліття на стику екології та геології та вивчає екологічні функції верхньої частини літосфери, яку Є. М. Сергеев [12] назвав геологічним середовищем. Якщо в геології під літосферою розуміють тверду (кам'яну) оболонку Землі, яка охоплює земну кору і верхню частину верхньої мантії до астеносфери, то в екології літосфера - це геологічне середовище, що включає підземну сферу діяльності людей від поверхпі до глибоких копален (4 км) та надглибоких свердловин (10-12 км). Опосередковано людська діяльність може впливати і на значно більші глибини літосфери. Отже, об'єктом екологічної геології є екологічний стан геологічного середовища – це вплив геологічної основи біосфери, її літогенного субстрату на діяльність людей, і навпаки, це охорона надр, раціональне (збалансоване) використання мінерально-сировинних ресурсів, підземного середовища, порушенного кар'єрами, копальнями, свердловинами та іншими виробками, це проблема захоронення твердих, рідких і газоподібних токсичних та радіоактивних відходів, це вилив розробки родовищ корисних копалин через поверхневі геохімічні аномалії на ландшафти, на розвиток рослин і тварин та на здоров'я людей. Іноді до складу геологічного середовища включають також геофізичні поля (геофізсферу), рельєф поверхні Землі (геоморфосферу), підземну гідросферу, педосферу і ландшафти. Але вказані компоненти є самостійними елементами природної системи, об'єктами інших класичних наук – геофізики, геоморфології, гідрогеології, ґрунтознавства та географії (ландшафтознавства).

Викладання основного матеріалу. Техногенний (антропогенний) вплив на природу зумовив перетворення природних ландшафтів (геосистем) на природно-антропогенні геосистеми (ПАГС), що складаються з абіотичних (геосфера), біотичних (біотосфера) та соціальних (соціосфера) підсистем, тісно пов'язаних, «вкладених» одна в одну. Підсистеми, у свою чергу, поділяються на компоненти навколишнього природного середовища (довкілля), які також є сферами, повністю або частково охоплюючими усю

© Зорін Д. О., 2016

Землю. Абіотичні компоненти складаються з: 1) літосфери (геологічного середовища); 2) геофізичних сфер; 3) геоморфосфери (рельефу); 4) гідро- та 5) атмосфери. Біотичні компоненти – це: 6) рослинний покрив; 7) тваринний світ. Абіоту і біоту поєднує: 8) педосфера – ґрунтовий покрив, що займає проміжне положення між абіотою і біотою. Соціосфера складається з: 9) демосфери – спільності усіх людей Землі; і 10) техносфери – усього того, що створило людство і що згубно впливає на усі названі вище дев'ять компонентів [2].

Предметом екологічної геології є екологічні функції геологічною середовища, ті процеси, що протікають у надрах під впливом природних і антропогенних чинників.

Задачі екологічної геології є вивчення змін геологічного середовища під впливом техногенезу, оцінка їх екологічних наслідків; розробка теорії та засобів оцінки стійкості ГС та ризиків, що виникають в екологічній ситуації тої чи іншої території; розробка засобів і технологій управління станом і властивостями масивів ГС, як техногенно порушених так і техногенно створених з метою оптимізації та поліпшення їх екологічних функцій; створення екологічно безпечних технологій розвідки і розробки родовищ корисних копалин; розробка технологій утилізації та захоронення небезпечних промислових відходів; еколого-геологічне обґрунтування інженерного захисту територій і об'єктів від природних та антропогенних геологічних процесів, що знижують екологічні функції територій і об’єктів та можуть призвести до екологічних криз і техногенних катастроф.

Висновки. Термін «екологічна геологія» виник у СРСР. Першу згадку у 1992-1993 рр. знаходимо у професорів МГУ ім. М.В. Ломоносова, Н.И. Плотникова зі співавторами [8], Л.П. Павлова [7] та В.Т. Трофимова [13]. Ідея виділення екологічної геології в окремий напрямок поширилась завдяки працям вчених Сибірського відділення РАН В.І. Бгатова [3], Республіки Білорусь Р.Г. Гарецького [4] та українських дослідників В.І. Почтаренка і Є.О. Яковлева [9], О.М. Адаменка і Г.І. Рудька [1, 2]. Продовжували розвиток екологічної геології вчені МГУ В.О. Корольов [5], В.І. Осипов [6], В.Т.Трофимов, Д.Г. Зілінг та ін. [13-15], а в Україні О.М. Адаменко і Г.І. Рудько [11], Є.О. Яковлєв та ін.

Близьким до терміну екологічна геологія є термін *геоекологія*, запропонований ще у 1930-х роках німецьким географом Карлом Троллем, як одну із гілок природознавства, що об'єднує екологічні та географічні дослідження екосистем. Пізніше, у 1970-х роках, геоекологія стала широко використовуватись після робіт Б.В. Сочави [6]. Як окремий науковий напрямок вона визначилась в 1980-1990-х роках, тобто до появи екологічної геології. Після цього геоекологію стали розуміти як геологічну, а дехто як географічну екологію, тобто науку, що виникла на стику екології з геологією або географією [10,16]. Аби не виникало плутанини, пропонується вживати термін геоекологія для обозначення екологічного стану абіотичних компонентів ПАГС, тобто геологічного середовища, геофізсфер, геоморфосфери, гідросфери та атмосфери. Екологічний стан біотичних компонентів – це предмет біоекології. Отже, предмет екологічної геології охоплює лише частину предмету геоекології, а саме – екологічний стан ГС.

Література

1. Адаменко О.М. Основы экологической геологии (на примере экзогеодинамических процессов Карпатского региона Украины) /О.М. Адменко, Г.И. Рудько. – Киев: Манускрипт, 1995. – 211 с.

2. Адаменко О.М. Екологічна геологія: Підручник для студентів вищих навчальних закладів екологічних, геологічних, географічних спеціальностей / О.М. Адаменко, Г.І. Рудько. – Київ: Манускрипт. 1998. –349 с.

3. Бгатов В.И. Подходы к экологии / В.И. Бгатов. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1993. – 154 с.

4. Гарецкий Р.Г. Основные проблемы экологической геологии / Р.Г. Гарецкий, Г.И. Каратаева // Геоэкология. – 1995. – №1. – С. 28-35.

5. Королев В.А. Современные проблемы экологической геологии / В.А. Королев //Соросовский образовательный журнал, 1993. – № 4. – С. 60-68.

6. Осипов В.И. Геоэкология: понятия, задачи, приоритеты / В.И. Осипов // Геоэкология. – 1997. – № 1. – С. 3-12.

7. Павлов А.П. Теоретические и методологические основания экологической геологии. В кн.: Геология, 2. – Москва: изд-ва МГУ им. М.В. Ломоносова, 1995. – С. 87-102.

8. Плотников Н.И. Научно-методологические основы экологической гидрологии / Н.П. Плотнтков, А.А. Карцев, И.И. Рогинец. – М.:Изд-во МГУ, 1992. – 62 с.

9. Почтаренко В.И. Основное методические положение эколого-геологического картирования / В.И. Почиаренко, Е.А. Яковлев. – Киев: Знание, 1994. – 37 с.

10. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / отв. ред. Э.Л. Лихачева, Д.А. Тимофеев. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2002. – 640 с.

11. Рудько Г.І. Екологічний моніторинг геологічного середовища: Підручник для студентів геологічних, географічних, екологічних спеціальностей вищих закладів освіти / Г.І. Рудько, О.М. Адамеико. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І.Франка, 2001. – 260 с.

12. Сергеев Г.М. Проблемы преобразования окружающей среды и инженерно-геологические прогнозы. В кн.: Международный геологический конгресс. XXV сессия. Доклады советских геологов «Геология четвертичного периода, инженерная геология, проблемы гидрогеологии аридной зоны» / Г.М. Сергеев. – Москва, 1976. – С. 145-146.

13. Теория и методология экологической геологии / под ред. В.Т.Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.

14. Трофимов В.Т. Теоретико-методологические основы экологической геологии: учеб. пособие / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг. СПб.: Изд-во С.-Петербург. гос. ун-та, 2000. – 68 с.

15. Трофимов В.Т. Экологическая геология: учебник для вузов / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг. – М.: Геоинформмарк, 2002. – 416 с.

16. Ясаманов Н.А. Основы геоэкологии: учеб. пособие для эколог. специальностей вузов / Н.А. Ясаманов. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. –352 с.

ЕКОЛОГІЯ АТМОСФЕРИ

УДК 621.928.9

[1]Полутренко М. С., [2] Параняк Н. М.
[1]Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
[2] НУ «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАЕКТОРІЙ РУХУ ЗВАЖЕНИХ ЧАСТИНОК У ЗАКРУЧЕНИХ ПОТОКАХ ТА ДОЦІЛЬНІСТЬ ОХОЛОДЖЕННЯ ЗАПИЛЕНОГО ПОТОКУ ПОВІТРЯ

Проведено математичне моделювання траєкторій руху частинок пилу, їхніх швидкостей, статичного та динамічного тисків у різних перерізах створених конструкцій пиловловлювачів. Обґрунтовано доцільність охолодження повітряного потоку перед його потраплянням у пиловловлювач, що має позитивний вплив на сепарацію частинок пилу до зовнішньої стінки апарата і, як наслідок, підвищення ефективності їхнього уловлення.

Ключові слова: пил, пиловловлювач, очищення повітря, ефективність, екологічна ситуація.

Проведено математическое моделирование траекторий движения частиц пыли, их скоростей, статического и динамического давлений в разных сечениях созданных конструкций пылеулавливателей. Обосновано целесообразность охлаждения воздушного потока перед его попаданием в пылеулавливатель, которое имеет положительное влияние на сепарацию частиц пыли к внешней стенке аппарата и, как следствие, повышение эффективности их улавливания.

Ключевые слова: пыль, пылеулавливатель, очистка воздуха, эффективность, экологическая обстановка.

Mathematical modelling of movement trajectories of dust particles, their velocities, static and dynamic pressures in different sections of the constructed dust collectors has been carried out and accuracy of the choice has been justified. Expediency of airflow cooling before entering the dust collector has been proved. It has a positive impact on the separation of the dust particles at the outer wall of the device and, consequently, the efficiency of dust collection increases.

Keywords: dust, dust collector, air purification, efficiency, environmental situation.

Актуальність проблеми. На сьогодні через надмірне і нерівномірне навантаження різних галузей промисловості на природне середовище екологічна ситуація в Україні є вкрай незадовільною. Особливе занепокоєння викликає цементна промисловість, яка є однією з найбільш небезпечних за пиловим чинником. Понад 80% пилу, що викидається в атмосферу, виділяється обертовими печами випалюванням клінкеру. Особливо небезпечним є дрібнодисперсний пил (розмір частинок менше 10^{-5} м), який згубно впливає на флору і фауну. На території його впливу формуються біогеохімічні аномалії, які спричинені техногенною концентрацією цементного пилу в ґрунтах і довкіллі [3]. З огляду на це, зменшення кількості забруднень, що надходять в природне середовище з промислових об'єктів, розроблення та впровадження нових безвідходних технологій виробництв із використанням газоочисних апаратів нових конструкцій, є актуальною проблемою. Розв'язання даної проблеми сприятиме зменшенню техногенних забруднень і підвищенню рівня екологічної безпеки на всіх ієрархічних рівнях: держави, регіону, міста, об'єкту.

© Полутренко М. С., Параняк Н. М., 2016

Зниження пилових викидів до гранично-допустимих концентрацій (ГДК) можна здійснити шляхом впровадження нових та інтенсифікації існуючих технологічних процесів очищення.

У зв'язку з викладеним вище, метою даної роботи є розроблення математичної моделі руху пилогазового потоку в корпусі апарату для створення високоефективного обладнання уловлення дрібнодисперсного пилу.

Виклад основного матеріалу. Аналіз аеродинамічних характеристик потоку в пиловловлювачі нової конструкції проводили за допомогою пакету FlowVision. Модель апарата створювалася засобами системи автоматизованого проектування SolidWorks, а потім імпортована у програмний комплекс для дослідження аеродинаміки процесу повітроочищення [1]. Застосовували математичну модель руху нестискуваної рідини, яка ґрунтується на рівняннях Нав'є-Стокса, рівняннях нерозривності, дифузійного переносу скалярної величини, законі збереження енергії та рівняннях k-ε моделі турбуленції, у якій турбулентна в'язкість α_t виражається через величини k-ε наступним чином [6]:

$$\alpha_t = C_a \rho \frac{k^2}{\varepsilon} f_a, \tag{1}$$

де k – масова турбулентна кінетична енергія, Дж/кг;

ε –швидкість дисипації турбулентної кінетичної енергії, Дж/(к·с);

α_t – динамічний коефіцієнт турбулентної в'язкості, Па;

ρ – густина, кг/м^3;

$fa = fa(t)$ – функція залежності від часу;

C_a – константа.

Модель ґрунтується на наступних основних рівняннях:

- рівняння Нав'є-Стокса [5]

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \nabla(V \otimes V) = -\frac{\nabla P}{\rho} + \frac{1}{\rho}\nabla\left((\alpha + \alpha_t)\left(\nabla V + (\nabla V)^T\right) + S\right);$$
$$\nabla V = 0, \tag{2}$$

де V – об'єм, м^3;

t – час, с;

α – коефіцієнт лінійного температурного розширення матеріалу, К$^{-1}$; коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2·К);

T – абсолютна температура, К;

P – гідростатичний тиск, Па;

де джерело $S = \left(1 - \frac{\rho_{hyd}}{\rho}\right) g + B + \frac{R}{\rho}$;

B – сили обертання;

R – універсальна газова стала, Дж/(кг·К);

- рівняння ентальпії

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla(Vh) = \frac{1}{\rho}\nabla\left(\left(\frac{\lambda}{C_p} + \frac{\alpha_t}{\mathrm{Pr}_t}\right)\nabla h\right) + \frac{Q}{\rho}, \tag{3}$$

λ – теплопровідність, Вт/(м·К);

C_p – масова ізобарна теплоємність, Дж/(кг·К);

$Pr_t = 0{,}5$ – емпірична константа;

Q – кількість теплоти, Д;

h – напір, що визначається рівністю;

$h = \frac{p}{\rho g} - y$;

ρ – щільність, кг/м^3;

- рівняння для визначення k та ε

$$\frac{\partial k}{\partial t}+\nabla(Vk)=\frac{1}{\rho}\nabla\left(\left(\alpha+\frac{\alpha_t}{\sigma_k}\right)\nabla k\right)+\frac{G}{\rho}-(\varepsilon-\varepsilon_{ini})-F\,, \tag{4}$$

де ε – швидкість дисипації турбулентної кінетичної енергії, Дж/(кг·с);

ε_{ini} – початкове значення турбулентної дисипації;

k – масова турбулентна кінетична енергія, Дж/кг;

σ_k – активна (або ефективна) пористість середовища, у якій відбувається фільтрація розчину;

t – час у добі;

α_t – коефіцієнт лінійного температурного розширення матеріалу, К$^{-1}$; коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2·К);

G – функція Жуковського.

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}+\nabla(V\varepsilon)=\frac{1}{\rho}\nabla\left(\left(\alpha+\frac{\alpha_t}{\sigma_k}\right)\nabla\varepsilon\right)+\frac{\varepsilon}{k}\left(C_1\frac{G}{\rho}-C_2\,f_1(\varepsilon-\varepsilon_{ini})\right), \tag{5}$$

$$G=\alpha_{eff}\,\frac{\partial V_i}{\partial x_j}\left(\frac{\partial V_i}{\partial x_j}+\frac{\partial V_j}{\partial x_i}\right); \tag{6}$$

C_0 – коефіцієнт закручування потоку, C_1, C_2 – довільні сталі.

- рівняння масопереносу

$$\frac{\partial C}{\partial t}+\nabla(VC)=\frac{1}{\rho}\nabla\left(\left(\rho D+\frac{\alpha_t}{Sc_t}\right)\nabla C\right) \tag{7}$$

де Sc – турбулентне число Шмідта – емпірична константа моделі;

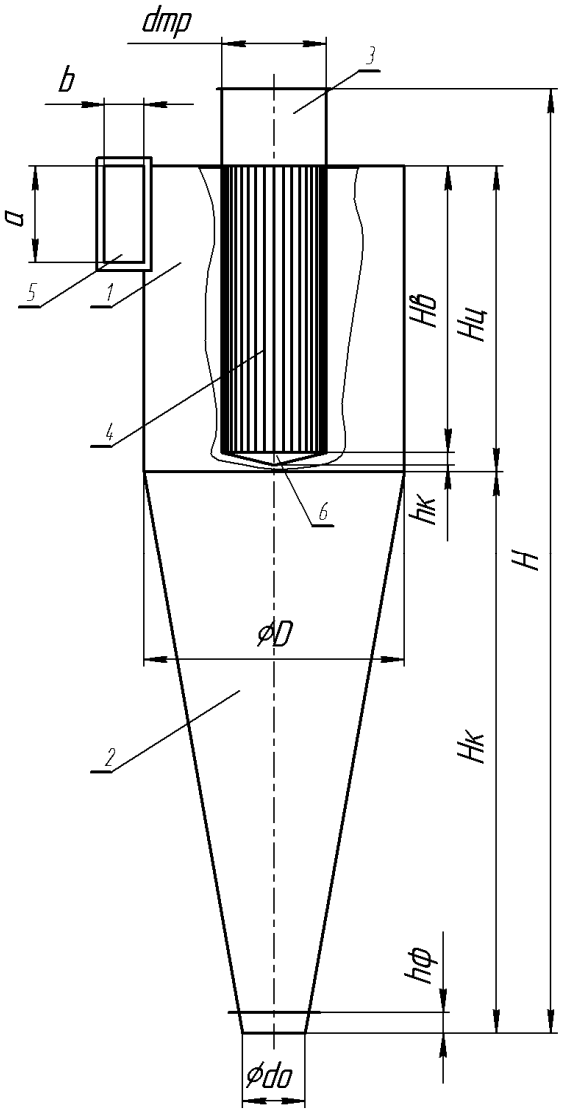
D – коефіцієнт конвективної дифузії, м²/добу [4];

$D = d/dx$ – оператор диференціювання.

Дослідження проводили спочатку для моделі відцентрово-інерційного - базового апарата (рис. 1), яку будували за допомогою САПР SolidWorks, на основі математичної моделі, яка описує рух пилоповітряного потоку при малих числах Рейнольдса Re < 2300 [2, 5]. Вважали, що стінки пиловловлювача є адіабатичними [6]. Повітряний потік потрапляє у пиловловлювач через вхідний патрубок зі швидкістю 18 м/с.

Геометричні розміри пиловловлювача і жалюзійного відокремлювача наведені на схемі жалюзійного відокремлювача (рис. 1) і є наступними: внутрішній діаметр вихлопної труби – $d_{тр}$ = 0,34D; внутрішній діаметр отвору для видалення пилу – $d_о$ = 0,229D; висота вхідного патрубка (внутрішній розмір) – a = 0,38D; ширина вхідного патрубка b = 0,15D; висота установки фланця $h_ф$ = 0,1D; внутрішній діаметр D; висота циліндричної частини $H_ц$ =1,2D; висота вихлопної труби $H_т$ = 0,25D; висота конічної частини $H_к$ = 2,6D; загальна висота апарата H = 3,7D; висота жалюзійного відокремлювача $H_в$ = 0,7D; зовнішній радіус жалюзійного відокремлювача r_2=0,36D; внутрішній радіус жалюзійного відокремлювача r_1=0,34D; радіус вигину профілів R_g; радіус центрів дуг $R_ц$; кількість жалюзі у відокремлювачі n = 20–25; висота конічної вставки $h_к$ = 0,035D; R – радіус циліндричної частини апарата, дорівнює 0,7 м.

Параметри жалюзі були вибрані відповідно до [7]. Довжина корпусу для пилу з медіанним діаметром: $8\cdot10^{-6}$ м – $925\cdot10^{-3}$ м; $32\cdot10^{-6}$ м – $825\cdot10^{-3}$ м; $50\cdot10^{-6}$ м – $725\cdot10^{-3}$ м. Довжина циліндричної частини корпусу апарата складає для пилу з медіанним діаметром: $8\cdot10^{-6}$ м – $800\cdot10^{-3}$ м; $32\cdot10^{-6}$ м – $700\cdot10^{-3}$ м; $50\cdot10^{-6}$ м – $600\cdot10^{-3}$ м.



1 – циліндричний корпус; 2 – конічна частина; 3 – вихлопна труба;
4 – жалюзійний відокремлювач; 5 – вхідний патрубок; 6 – конічна вставка

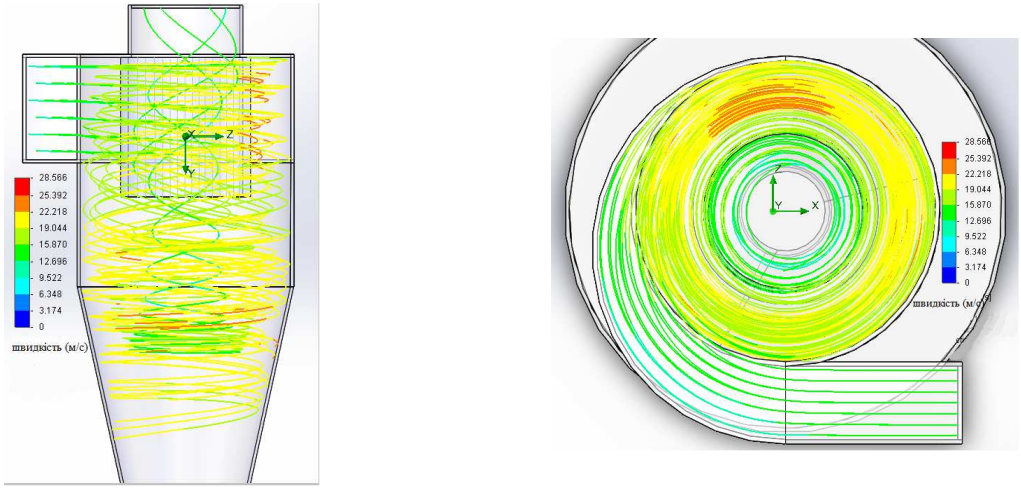
Рис. 1. Схема циклонного апарату з жалюзійним відокремлювачем

Аеродинаміка потоку відображена на рис. 2. Обертання потоку відбувається всередині корпусу апарата навколо його вертикальної осі. Швидкість руху повітряного потоку відображена кольором траєкторії. Розглядали рух частинок експериментального цементного пилу у пиловловлювачах при різних значеннях температури повітряного потоку на вході в апарат.

Частинки, діаметр яких дорівнює $8 \cdot 10^{-6}$ м при температурі потоку 473 К (рис. 2) рухаються до зовнішньої стінки апарата повільно і досягають її вже за половину оберту потоку навколо вертикальної осі пиловловлювача. При підвищенні температури до 1173 К (рис.3) рух таких частинок кварцового піску не досягає периферії апарата, оскільки частинки починають рухатися по концентричних колах навколо осі [1]. Деякі з них будуть захоплені радіальним стоком і потраплять у вихлопну трубу. Інші – опустяться до конічної частини апарата. Такі частинки не будуть уловлені, що призведе до зниження ефективності очищення потоку. На рух частинок пилу, еквівалентний діаметр яких складає $32 \cdot 10^{-6}$ м температура потоку на вході має значно менший вплив (рис. 4). Такі частинки пилу мають дещо інший характер руху в циклоні. Вони рухаються «скачками», вдаряючись до зовнішньої стінки та вихлопної труби.

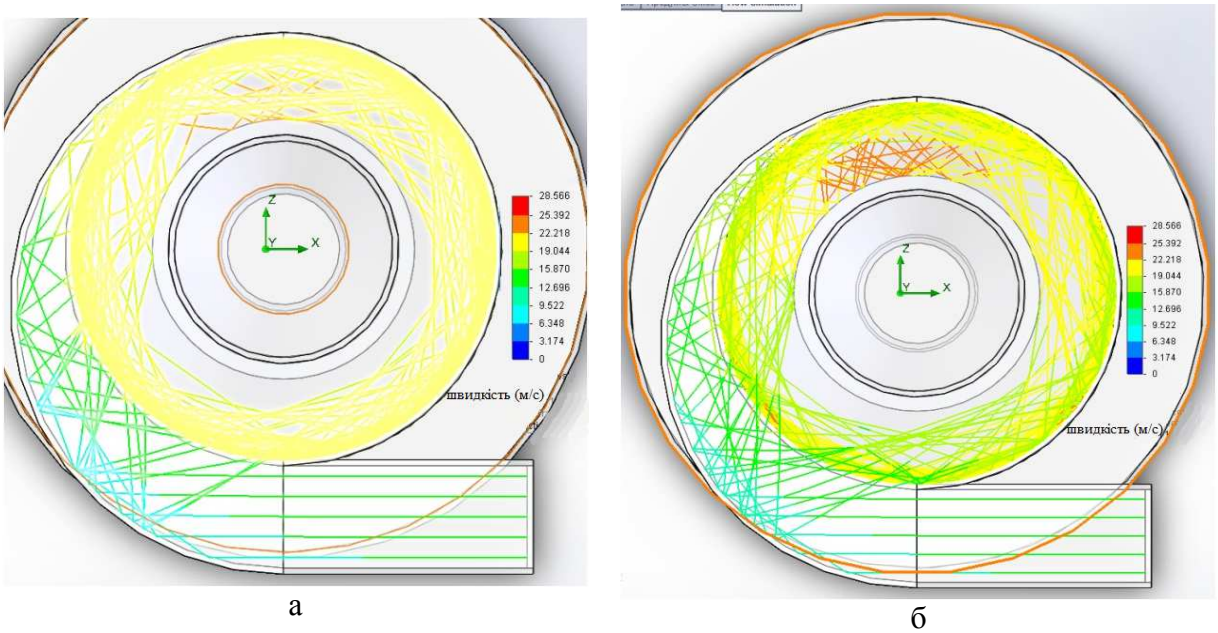
а б

Рис. 2. Траєкторії руху частинок пилу $8 \cdot 10^{-6}$ м при температурі потоку на вході 473 К



а б

Рис. 3. Траєкторії руху частинок пилу $8 \cdot 10^{-6}$ м при температурі потоку на вході 1173 К



а б

Рис. 4. Траєкторії руху частинок пилу $32 \cdot 10^{-6}$ м (а) та $50 \cdot 10^{-6}$ м (б) при температурі потоку на вході 1173 К

Гідравлічний опір ΔP апарата визначали як різницю повних тисків у вхідному патрубку та на виході з вихлопної труби.

Проведені дослідження запропонованого пиловловлювача з жалюзійно-відокремлювачем із попередньою очисткою, де гофри є параболічної форми і утворюють між собою зигзагоподібні канали. Перевагою запропонованого пиловловлювача є виключення попадання великодисперсного пилу в середину другого ступеня очистки, що важливо також для запобігання зносу його корпуса через значне зменшення концентрації та фракційного складу пилу. Наявність зигзагоподібних каналів у всіх можливих напрямках руху газу запобігає створенню зон збільшеного тиску, а це в свою чергу призводить до збільшення ефективності роботи цієї ступені очистки і зниження гідравлічного опору.

Спільним недоліком багатьох відомих конструкцій пиловловлювачів є значне зниження ефективності їх роботи через необхідність частої заміни пиловловлювача, який виходить з ладу через високу температуру пилогазового потоку, що в нього подається, а також погіршенням аеродинамічних характеристик потоку через високу температуру пилогазового потоку, який в ньому рухається [2]. Тому перед подачею в відцентрово-інерційний апарат повітряний потік необхідно охолодити. Для цього можемо використати спеціальні теплообмінники (пилова камера), які дозволяють знизити температуру з 1173 К до 473 К. Для зниження температури запиленого потоку до 473 К було запропоновано застосувати конструкцію пиловловлювача з пилоосаджувальною камерою з зигзагоподібними гофрами (рис. 5).

Окрім зниження температури це дозволить знизити абразивність потоку за рахунок того, що в камері будуть вловлені великодисперсні частинки (рис. 6). Застосування пилоосаджувальної камери для зниження температури потоку має кілька переваг у порівнянні з охолоджувачем. По-перше гідравлічний опір пилоосаджувальної камери є незначним. По-друге за рахунок великої площі поверхні процес тепловіддачі буде проходити доволі швидко. Таким чином застосування в технологічних процесах виробництва будівельних матеріалів пило-вловлювача з пиловою камерою дозволяє знизити температуру пилогазового потоку на 700 градусів.

При необхідності зниження температури більш ніж на 700 градусів можна збільшити геометричні розміри пилоосаджувальної камери, але ці зміни призведуть до збільшення гідравлічного опору установки. В такому випадку необхідно буде вибирати між необхідністю зниження температурних режимів і енергоємністю.

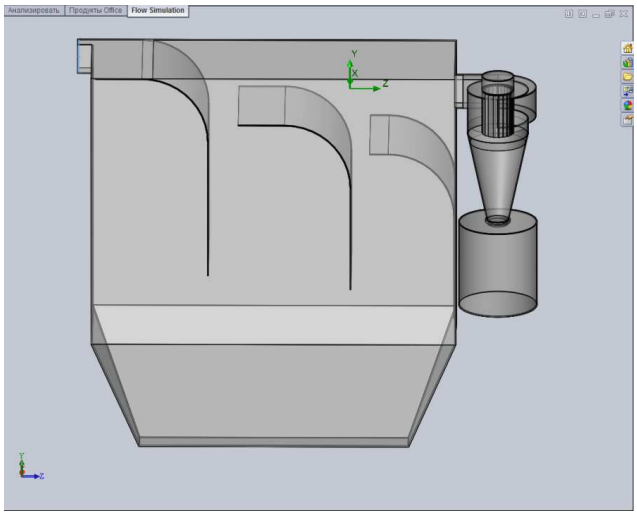


Рис. 5. Конструкція пилоосаджувальної камери з зигзагоподібними гофрами

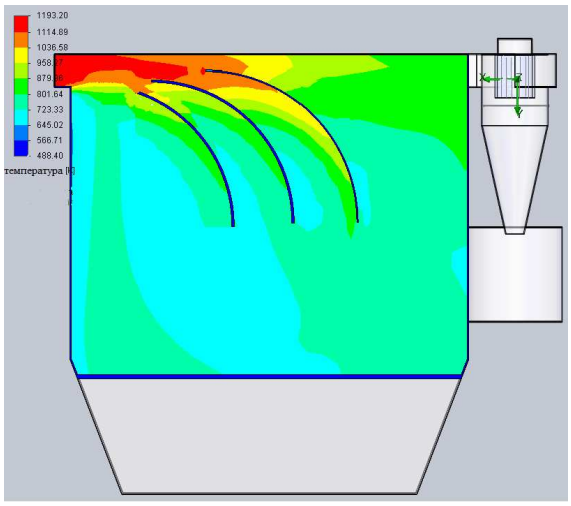


Рис. 6. Розподіл температури потоку в пилоосадочній камері з зигзагоподібними гофрами

Висновки. За допомогою FlowVision обґрунтовано доцільність охолодження повітряного потоку перед його потраплянням у пиловловлювач, що має позитивний вплив на швидкість руху частинок пилу до зовнішньої стінки апарата і, як наслідок, підвищення ефективності їх уловлення.

Перспектива впровадження таких пиловловлюючих конструкцій в аналогічні підприємства дасть змогу знизити викиди дрібнодисперсного пилу в довкілля, що призведе до покращення екологічної ситуації в районах розміщення даних виробництв.

Література

1. Батлук В.А. Модель впливу інерційних сил і сил опору на рух частинки у відцентрово-інерційних пиловловлювачах / В.А. Батлук, Н.М. Параняк, Е.В. Романцов // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивна техніка та технологія – 2011». – К.: НТУУ «КПІ». – 2011. – №63. – С. 180–184.

2. Вальдберг А.Ю. Технология пылеулавливания / А.Ю. Вальдберг. – Л.: Машиностроение, 1985. – 192 с.

3. ГОСТ 17.2.4.06–90. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения. – Введ. 1991-01. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 14 с.

4. Деньгуб В.М. Единицы величин. Словарь-справочник. / В.М. Деньгуб, В.Г. Смирнов. – М.: Изд. стандартов, 1990. – 240 с.

5. Страус В. Промышленная очистка газов: [пер. с англ.] / В. Страус. – М.: Химия, 1981. – 616 с.

6. Rogers C.B. The behavior of small particles in a vertical turbulent boundary layer in air / C.B. Rogers, J.K. Eaton // Int. J.Multiphase Flow. – 1990. – V. 16. – №5. – P. 819 – 834.

7. Yuanhui Zh. Modeling and Sensitivity Analysis of Dust Particle Separation for Uniflow Dedusters. University of Illinois Urbana. – Champaign, 2000. P. 1–13.

УДК 502.3:504.5:621.43.068.4

Кундельська Т. В.,
Бринуш Н. П., Євчук О. П.
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ОКСИДОМ ВУГЛЕЦЮ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ ПО ВУЛ. ДОВГІЙ В м. ІВАНО-ФРАНКІВСЬКУ

Розраховано концентрацію чадного газу (CO) від викидів автотранспорту по вулиці Довгій в м. Івано-Франківськ. Визначено склад автотранспорту, характеристики вулиці: тип вулиці, нахил, проведено вимірювання швидкості вітру та вологості повітря.

Проаналізовано результати досліджень у 2015 році та проведено порівняльний аналіз з результатами 2013-2014 рр.

Ключові слова: Оксид вуглецю(CO), автотранспорт, викиди, атмосферне повітря, забруднення, ГДК.

© Кундельська Т. В., Бринуш Н. П., Євчук О. П., 2016

Висновки. За допомогою FlowVision обґрунтовано доцільність охолодження повітряного потоку перед його потраплянням у пиловловлювач, що має позитивний вплив на швидкість руху частинок пилу до зовнішньої стінки апарата і, як наслідок, підвищення ефективності їх уловлення.

Перспектива впровадження таких пиловловлюючих конструкцій в аналогічні підприємства дасть змогу знизити викиди дрібнодисперсного пилу в довкілля, що призведе до покращення екологічної ситуації в районах розміщення даних виробництв.

Література

1. Батлук В.А. Модель впливу інерційних сил і сил опору на рух частинки у відцентрово-інерційних пиловловлювачах / В.А. Батлук, Н.М. Параняк, Е.В. Романцов // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивна техніка та технологія – 2011». – К.: НТУУ «КПІ». – 2011. – №63. – С. 180–184.

2. Вальдберг А.Ю. Технология пылеулавливания / А.Ю. Вальдберг. – Л.: Машиностроение, 1985. – 192 с.

3. ГОСТ 17.2.4.06–90. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения. – Введ. 1991-01. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 14 с.

4. Деньгуб В.М. Единицы величин. Словарь-справочник. / В.М. Деньгуб, В.Г. Смирнов. – М.: Изд. стандартов, 1990. – 240 с.

5. Страус В. Промышленная очистка газов: [пер. с англ.] / В. Страус. – М.: Химия, 1981. – 616 с.

6. Rogers C.B. The behavior of small particles in a vertical turbulent boundary layer in air / C.B. Rogers, J.K. Eaton // Int. J.Multiphase Flow. – 1990. – V. 16. – №5. – P. 819 – 834.

7. Yuanhui Zh. Modeling and Sensitivity Analysis of Dust Particle Separation for Uniflow Dedusters. University of Illinois Urbana. – Champaign, 2000. P. 1–13.

УДК 502.3:504.5:621.43.068.4

Кундельська Т. В.,
Бринуш Н. П., Євчук О. П.
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ОКСИДОМ ВУГЛЕЦЮ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ ПО ВУЛ. ДОВГІЙ В м. ІВАНО-ФРАНКІВСЬКУ

Розраховано концентрацію чадного газу (CO) від викидів автотранспорту по вулиці Довгій в м. Івано-Франківськ. Визначено склад автотранспорту, характеристики вулиці: тип вулиці, нахил, проведено вимірювання швидкості вітру та вологості повітря.

Проаналізовано результати досліджень у 2015 році та проведено порівняльний аналіз з результатами 2013-2014 рр.

Ключові слова: Оксид вуглецю(CO), автотранспорт, викиди, атмосферне повітря, забруднення, ГДК.

© Кундельська Т. В., Бринуш Н. П., Євчук О. П., 2016

Рассчитано концентрацию угарного газа (CO) от выбросов автотранспорта по улице Долгой в г. Ивано-Франковск. Определен состав автотранспорта, характеристики улицы: тип улицы, наклон, проведены измерения скорости ветра и влажности воздуха.

Проанализированы результаты исследований в 2015 году и проведен сравнительный анализ с результатами 2013-2014 гг.

Ключевые слова: Оксид углерода (CO), автотранспорт, выбросы, атмосферный воздух, загрязнение, ПДК.

Calculated concentration of carbon monoxide (CO) emissions from vehicles on Dovha Street in the city Ivano-Frankivsk. The composition of vehicles, specifications streets, street type, slope, measured the wind speed and humidity.

The results of research in 2015 and comparative analysis of the results of the 2013-2014 biennium.

Keywords: Carbon monoxide (CO), vehicles, emissions, air, pollution, MPC.

Актуальність теми. Із кожним роком в місті спостерігається стабільне зростання кількості автомобільного транспорту, незважаючи на кризові явища та соціально-економічну ситуацію в країні. Це призводить до перевантаження вулично-дорожньої мережі міста і загострює соціально-економічні, санітарно-гігієнічні і технічні проблеми, пов’язані із здоров’ям населення та організацією дорожнього руху. З одного боку завдяки розвитку автотранспорту - досягається високий рівень задоволення потреб населення в транспортних засобах, а з іншого боку – збільшується концентрація забруднюючих речовин в компонентах навколишнього природного середовища.

В результаті роботи автотранспорту в атмосферне повітря викидаються такі забруднюючі речовини: оксид вуглецю, вуглеводні, сполуки свинцю, оксиди азоту, оксиди сірки, сажа, а також бензапірен. Тому дослідження забруднення атмосферного повітря автотранспортом є актуальним у великих населених пунктах.

Методика і результати досліджень. Концентрація оксиду вуглецю обчислювалась відповідно до ГОСТ-17.2.2.03-77 [2].

При дослідженні визначено кількісний і якісний склад автотранспорту, за допомогою набору приладів було проведено вимірювання вологості повітря, швидкості вітру. Спостереження проводились протягом 05.11.2015-11.10.2015 рр. кожного дня о 18:00. Результати досліджень наведені в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1

Дані спостережень та вимірювань складу руху автотранспорту по вул. Довгій та параметрів навколишнього середовища за осінній період 2015 року

	понеділок	вівторок	середа	четвер	п’ятниця	субота	неділя
Легкові автомобілі	960	960	921	876	825	664	624
Автобуси	60	66	54	54	48	56	36
Легковантажні автомобілі	93	96	96	94	102	60	114
Середньовантажні автомобілі	168	148	123	98	102	84	78
Вантажні автомобілі	9	12	12	6	9	4	0
Загальна кількість (за годину)	1290	1282	1206	1128	1086	868	852
Швидкість вітру, м/с	1	1,3	2	1,5	1,2	3,2	2,5
Вологість повітря, %	62	74	44	48,5	42,5	41	51,9

Розрахунок концентрації СО проводився за наступною формулою [2]:

$$K_{CO} = (A + 0{,}01 \times N \times K_m) \times K_a \times K_н \times K_c \times K_в \times K_n, \quad (1.1)$$

де A – фонове забруднення атмосферного повітря (A = 0,5 мг/м^3);

N – сумарна інтенсивність руху автомобілів на ділянці вулиці (шт./год.);

K_m – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами в повітря СО;

K_a – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості;

$K_н$– коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря оксидом карбону, залежно від величини повздовжнього нахилу;

K_c – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря оксидом карбону, залежно від швидкості вітру;

$K_в$ – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря оксидом карбону, залежно від вологості повітря;

K_n – коефіцієнт збільшення забрудненості атмосферного повітря оксидом карбону біля перехресть.

ГДК (СО) –5 мг/м^3.

Таблиця 2

Результати розрахунків концентрації СО за осінній період 2015 року

	понеділок	вівторок	середа	четвер	п'ятниця	субота	неділя
Загальна кількість, N	1290	1282	1206	1128	1086	868	852
Кт	1,41	1,45	1,41	1,40	1,41	1,44	1,46
Ка	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ку	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Кс	2,7	2,5	2	2,35	2,56	1,44	1,75
Кв	0,88	1,06	0,66	0,73	0,64	0,62	0,77
Кп	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
К(СО)	84,37	95,61	43,91	53,10	49,22	22,05	33,13
Перевищення ГДК, кількість разів	16,9	19,1	8,8	10,6	9,8	4,4	6,6

Із таблиці 2 видно, що інтенсивність руху автотранспорту за годину (осінній період 2015 року) найбільша в понеділок і зменшується впродовж тижня. Але отримані результати розрахунку концентрації оксиду вуглецю коливаються, найменша концентрація спостерігається у вихідні дні. Такі результати пояснюються відмінністю значень параметрів навколишнього середовища, а саме: "вологість повітря" та "швидкість вітру". Варто відзначити, що з понеділка по середу (в період досліджень) була перекрита вулиця Набережна. Саме цей фактор зумовив високу інтенсивність руху по вулиці Довгій.

Впродовж тижня спостерігалось перевищення ГДК в межах 4,4 – 19,1 разів. Найменше перевищення спостерігалось у вихідні дні, оскільки була менша інтенсивність руху автотранспорту, найбільше – у вівторок, що було зумовлено погодними умовами

Аналогічні дослідження проводились також в осінній період 2013-2014 рр. Результати розрахунку концентрації СО наведено в таблиці 3 [1].

Аналізуючи дані досліджень 2013-2014 рр. можна сказати, що концентрація оксиду вуглецю за 2014 рік менша порівняно з 2013 роком. Проте, це пов'язано основним чином з тим, що під час проведення замірів, швидкість вітру була значно вища, ніж при метеорологічних показниках 2013 року. Крім того такі результати пояснюються тим, що в період досліджень у 2013 р. та частково у 2014 р. через дорожньо-ремонтні роботи була перекрита вулиця Набережна, внаслідок чого збільшилось навантаження транспортними засобами на сусідні вулиці, в тому числі й на досліджувану ділянку [1].

Таблиця 3

Результати розрахунків концентрації CO за осінній період 2013-2014 рр.

	Понеділок	Вівторок	Середа	Четвер	П'ятниця	Субота	Неділя
2013							
Загальна кількість автотранспорту	1134	1209	1208	1277	1471	1122	997
К(CO)	54,68	76,47	98,2	120,85	152,62	87,12	70,6
2014							
Загальна кількість автотранспорту	1191	1271	1233	1209	1222	981	978
К(CO)	34	52	68,8	64	52,05	43,2	29

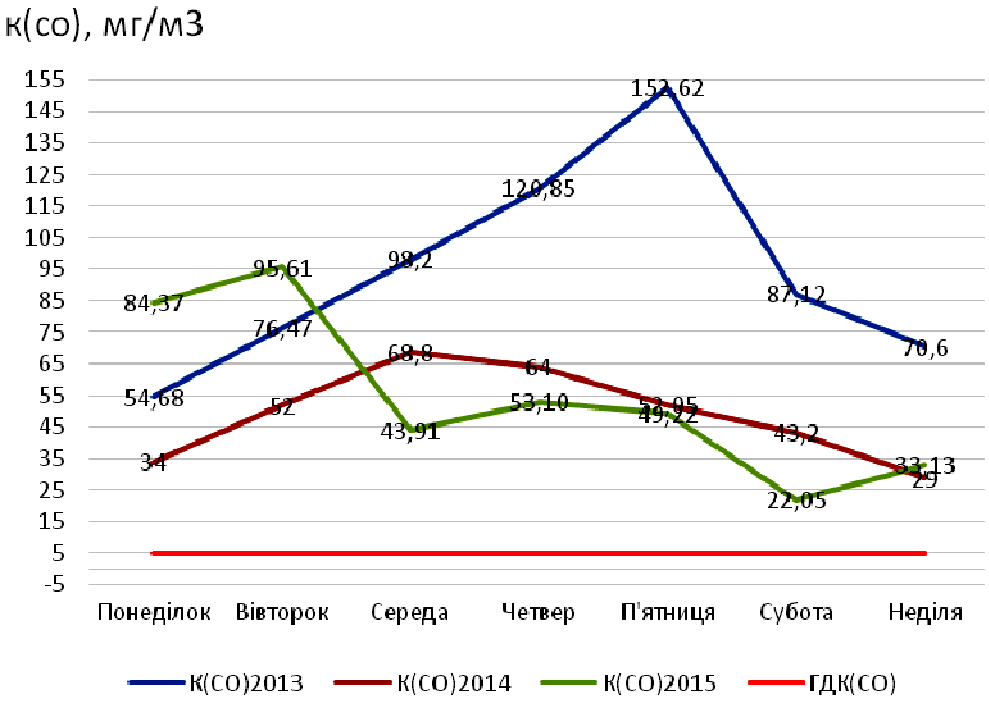


Рис. 1. Концентрація оксиду вуглецю впродовж тижня в осінній період 2013-2015 рр.

Висновки. В результаті досліджень, встановлено, що в останні роки спостерігається зменшення забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю від роботи автотранспорту на вулиці Довгій. Коливання концентрації CO зумовлене погодними умовами та ремонтними роботами на сусідніх вулицях.

Дослідження показують, що незважаючи на зменшення концентрації CO, існує значне перевищення ГДК. Тому для покращення екологічного стану необхідно впроваджувати природоохоронні заходи. Це можуть бути наступні заходи:

- зміна складу палива;
- використання, у транспортній мережі міста Івано-Франківська, електромобілів;
- введення на вулиці Довгій одностороннього руху, при якому скорочується кількість зупинок транспорту;
- впровадження регульованого руху за принципом “зеленої хвилі” (автоматичне регулювання руху по цілому мікрорайону, що разом із збільшенням швидкості руху зменшує частоту гальмувань і зупинок автомобіля і, відповідно, спричинює зменшення викидів в атмосферу продуктів неповного згоряння палива);

- заборона проїзду через центр міста автомобілів, крім маршрутних мікроавтобусів та таксі;

- заборона проїзду транзитного транспорту через місто (обов’язковим встановити рух через об'їзні кільцеві дороги);

- здійснення більш суворого контролю за технічним станом транспортних засобів, в першу чергу - за станом двигунів автомобілів;

- підвищення екологічної свідомості мешканців міста Івано-Франківська (заклик віддавати перевагу громадському транспорту, оскільки він економічно вигідніший і може перевозити більшу кількість осіб ніж індивідуальний транспорт).

Література

1. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування : науково-техн. журнал № 1 (11) 2015р: «Порівняльний аналіз забруднення атмосферного повітря викидами СО від автотранспорту в м. Івано-Франківськ».

2. Лабораторний та польовий практикум з екології / І. В. Бейко, В. М. Боголюбов, І. Г. Вишенська, Г. В. Вишневська, Я. П. Дідух, В. П. Замостян, С. Д. Ісаєв, В. І. Карпенко, В. І. Лаврик, Ю. І. Посудін. Під ред. В. П. Замостяна, Я. П. Дідуха. – Київ: Фітосоціоцентр, 2000 . – 216 с.

ЕКОЛОГІЯ ПЕДОСФЕРИ

УДК 622.276 :504:332.64: 691.4:622.223.74

Качала Т. Б.
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

СПОСІБ СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ МОДИФІКАЦІЇ НАФТОШЛАМОВОГО АМБАРУ

Запропонований спосіб створення екологічної модифікації нафтошламового амбару надає можливість мінімізувати міграцію (важких та легких фракцій) нафтопродуктів з амбара у профіль ґрунтового покриву. Окрім зменшення забруднення ґрунтового покриву, з'являється можливість подальшого використання території нафтошламового амбару включаючи сільськогосподарську діяльність. Дана модифікація може використовуватись при веденні будь-яких бурових робіт, а також у діяльності, що передбачає рекультивацію територій, які піддались впливу забруднення через аварійні ситуації, що проявляються розливами нафти, а також ті ґрунти, які деградували через міграцію забруднюючих речовин, що є супутніми в процесі буріння.

Ключові слова: бурові амбари, шламонакопичувачі, рекультивація, вуглеводні, забруднення, ґрунтовий покрив.

Предложенный способ создания экологической модификации нефтешламового амбара дает возможность минимизировать миграцию (тяжелых и легких фракций) нефтепродуктов с амбара в профиль почвенного покрова. Кроме уменьшения загрязнения почвенного покрова, появляется возможность дальнейшего использования территории нафтошламового амбара включая сельскохозяйственную деятельность. Данная модификация может использоваться при ведении любых буровых работ, а также в деятельности, предусматривает рекультивацию территорий, подвергшихся воздействию загрязнения через аварийные ситуации, которые проявляются разливами нефти, а также те почвы, которые деградировали из-за миграции загрязняющих веществ, являются сопутствующими в процессе бурения.

Ключевые слова: буровые амбры, шламонакопители, рекультивация, углеводороды, загрязнение, почвенный покров.

The suggested way to create environmental modification barn oil slurry makes it possible to minimize the migration of (heavy and light fractions) oil from a barn in profile soil. Apart from reducing pollution of soil are an opportunity to further use naftoshlamovoho barn area including agricultural activities. This modification can be used when doing any drilling operations, as well as activities that involves reclamation areas exposed to pollution from accidents that occur oil spills, as well as those soils are degraded due to the migration of pollutants that are attendant in the drilling process.

Keywords: drilling amber, sludge ponds, reclamation, hydrocarbon contamination, the soil

Постановка проблеми. Однією із актуальних проблем сучасності є забруднення поверхневого шару ґрунту вуглеводнями. В більшості випадків активне забруднення відбувається під час порушення геологічного середовища в процесі видобування, а також складування відходів з високою концентрацією нафти, що за допомогою міграційних процесів підвищує концентрацію у ґрунтовому покриві унеможливлюючи подальше його використання.

© Качала Т. Б., 2016

У зв’язку з цим важливою частиною заходів є створення накопичувачів відходів, що не тільки б мінімізували процеси поширення вуглеводневого забруднення ґрунтового покриву, а й дозволили подальше використання території задіяної під час даного процесу, без негативного впливу як на біоту так і абіоту.

Аналіз останніх досліджень. Відомий спосіб застосування ґрунтоцементу як протифільтраційного екрана амбарів-шламонакопичувачів для відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин [Деклараційний патент на корисну модель UA74018 U. Заявка u201204835 від 17.04.2012,Опубліковано10.10.2012, бюл.№19, 2012р.] Для створення гідроізоляції шламових амбарів використовують ґрунтоцемент. Ґрунтоцемент - суміш глинистого ґрунту, цементу та води. Ґрунтоцемент є не простою механічною сумішшю, а системою, що складається з двох дуже складних за своїм складом і властивостям багатокомпонентних систем - цементу та ґрунту. Основним провідним фактором у корінному перетворенні властивостей ґрунту є цемент, який є полідисперсною й полімерною системою, яка може після додавання води утворювати кам'яновидне тіло. Недоліком даного методу є його ненадійність, високий рівень ймовірності прориву стінок, а також просідання верхньої частини в процесі консервації, вихід наповнення амбару на поверхню, не можливість подальшого використання території амбара.

Відомий спосіб використання гідроізоляції амбарів-накопичувачів та захоронення відходів буріння при будівництві свердловини на нафту і газ [Деклараційний патент на винахід UA 48471U. Заявка 2001085956 від 27.08.2001.,Опубліковано15.08.2002, бюл. №8 2002 р.] створення бурового амбару «Протифільтраційний екран», суть якого основана для облаштування амбарів-накопичувачів протифільтраційним екраном використовується композиційний матеріал на основі синтетичної тканини (полотна), модифікованої з обох сторін полімерно-бітумним в'яжучим з високими термопластичними та гідроізоляційними властивостями, який у вигляді полотен укладається поперек дна амбару-накопичувача, після чого полотна композиційного матеріалу герметично з'єднуються між собою шляхом наплавлення, утворюючи при цьому міцний каркас, після перетворення відходів буріння з напіврідкої фази в тверду здійснюється загортання країв композиційного матеріалу та шляхом наплавлення додаткових полотен утворюються суцільні герметичні ємності-сховища відходів буріння. Недоліки цього методу полягають у ненадійності протифільтраційних екранів, а також необхідності додаткової гідроізоляції та недовговічності конструкції. Спосіб створення екологічної модифікації нафтошламового амбару, який рекультивується способом біологічної утилізації полягає в обробці масиву нафтовмістких речовин, пластових вод, берегової лінії та придонних відкладень нафтошламових амбарів біологічними та хімічними речовинами, які по всьому об'єму послідовно вносять у вуглеводневу масу нафтошламового амбару щонайменше один концентрований біокаталізатор деструкції вуглеводнів, щонайменше один сорбент або розпушувач, щонайменше один біологічний каталізатор асиміляції вуглеводнів і щонайменше один буферний стабілізатор, причому вносять в гомогенізовану масу амбару щонайменше один препарат вуглеводеньокислюючих мікроорганізмів, який відрізняється тим, що при створенні нафтошламового амбару необхідно використовувати комбіновані стінки, які складатимуться з різних типів ґрунту, у найпростішому з варіантів необхідно використовувати мінімум три типи гнуту, які мають різні пропускні властивості починаючи від щільних і закінчуючи найменш щільними типами ґрунтів. А також для мінімізації міграції забрудників при заповненні нафтошламового амбару поступово додається абсорбенту в пропорції 2:1.

За допомогою вищенаведених способів неможливо повністю рекультивувати бурові амбари чи шламосховища таким способом, щоб відновити нормальну діяльність людини на території захоронення.

Відмінними рисами запропонованого способу в порівнянні з відомими способами та підходами є:

- універсальність способу, може використовуватись на будь-якій місцевості;

-економічна перевага, вартість запропонованого способу створення нафтошламового амбару є порівняно нижчою, ніж повна рекультивація об’єкту;

- ефективність, подальше використання територій нафтошламового амбару;

- використання відходів, що дозволяє вирішити більше ніж одну екологічну проблему на навантаження на навколишнє середовище.

Методика досліджень. В основу досліджуваної моделі поставлено завдання у створенні моделі нафтошламового амбару, який мінімізував би процеси фільтрації (міграції нафтопродуктів та інших хімічних забрудників, що містяться в амбарі), що призводить до забруднення ґрунтового покриву та унеможливлює його подальше використання.

Розміри нафтошламових амбарів, їх об'єм, профіль і глибина визначаються на стадії робочого проектування стосовно до конкретної ділянки будівництва свердловин з урахуванням категорії ґрунту, глибини залягання ґрунтових вод та інших характеристик. Шламовий амбар повинен мати по периметру обваловку.

Будівництво бурового шламового амбару розпочинається із зняття родючого шару ґрунту та складування його в тимчасові відвали; потім риття земляного котловану та складування глинистого ґрунту. Наступним етапом є побудова протифільтраційних стін. Дана модифікація полягає у наступному: при створенні нафтошламового амбару необхідно використовувати комбіновані стінки, які складатимуться з різних типів ґрунту. У найпростішому варіанті необхідно використовувати мінімум три типи гнуту, які мають різні пропускні властивості починаючи від щільних і закінчуючи найменш щільними типами ґрунтів[4].

Запропонована модель дозволить максимально сповільнити міграційні процеси. При цьому шари ґрунту, які використовуватимуться для бортів конструкції, ставатимуть природним абсорбентом і втримуватимуть вуглеводневий забрудник та супутні хімічні речовини (бурові розчини, помякшувачі) в собі, поступово унеможливлюватимуть поширення речовин на чисті незадіяні в техногенній діяльності на території.

Для зовнішніх стінок, які повинні бути найбільш щільними використовуються глинисті типи ґрунтів, для створення проміжних стінок необхідно використовувати ґрунти з середньою щільністю наприклад леси, лесовані й карбонатні суглинки та супіски, для створення найактивнішого шару ізоляту необхідно використовувати різнодисперсний, різнотипний пісок, або типи ґрунту, щодо вмісту піску то дана інформація наведена у патенті на корисну модель[4].

Наступним етапом у створенні та рекультивації амбарів, при заповненні його важливим елементом для мінімізації міграції забрудників є поступове додавання природного сорбенту[4]. Сорбент необхідно додавати в кількості 2:1 об’єму відносно до вмісту забрудника, така її кількість виступатиме зв’язним елементом, абсорбентом (дану кількість відносно наповнювача амбара, було встановлено експериментальним шляхом і визначено його найбільшу ефективність). При меншому додаванні абсорбенту в експериментальній моделі спостерігалась велика кількість як не зв’язаних фракцій вуглеводнів, так і прямих відходів буріння (бурових розчинів та різного типу хімічних пом’якшувачів). У випадку додавання більшої кількості абсорбента зафіксовано перевантаження нафтошламового амбару та велика втрата робочого об’єму, що призводить до збільшення стартових розмірів споруди, а це є важливим негативним фактором не тільки з екологічної точки зору, але й з економічної. Саме такі результати досліджень з експериментальною моделлю привели до висновку що 2:1 це оптимальна кількість абсорбенту для досягнення максимального екологічного та економічного ефекту.

Фізико-хімічні властивості абсорбенту дозволять вповільнити процес міграції вуглеводнів з нафтошламового амбару до 30%, знизити ризики протікання, унеможливить процеси просідання поверхні рекультивованих амбарів (максимальний можливий рівень просідання, який викликаний активним використанням території амбару становитиме не більше 20 см), дозволить використовувати територію амбару, як сільськогосподарський

об’єкт, за умови, якщо при рекультивації поверхні амбару використовуватиметься ґрунт що описаний у патенті на корисну модель[4], а на завершальному етапі покриття використовують шар ґрунту, який складувався в процесі утворення самого котловану і є безпосередньо генетичним для цієї ділянки.

Суть корисної моделі пояснюється у рисунку 1, де зображена екологічна модифікація нафтошламового амбару. Особливість конструкції полягає у наступних конструктивних елементах: 1-зовнішня стінка; 2-проміжна стінка; 3-внутрішня стінка; 4- борт нафтошламового амбару; 5-абсорбент з відходами буріння; 6- внутрішня стінка; 7-вилучені ґрунти [4].

В процесі дослідження було встановлено, що абсорбент, який знаходиться у сховищах для відходів має високі зв’язні властивості, а також сприяє рекультиваційним процесам, оскільки верхній шар ґрунту, який виступатиме кришкою амбару, буде придатний до подальшого використання.

Важливо зазначити, що місця і нафтошламові амбари є важливою екологічною проблемою, оскільки значні території, що відведені під їх розміщення, втрачають свої властивості, а також швидке висихання золовідвалів при нормальних погодних умовах призводить до зазолення прилеглих територій. Саме цей факт і став однією з причин використання золи для відновлення території, яку використовували під нафтошламовий амбар.

Застосування золи дозволить не тільки рекультивувати амбари, а також зменшити території, що використовуються під золовідвали, а це є вже прямою економічною вигодою, як для ТЕС, які продукують зольні відходи так і для видобувних компаній.

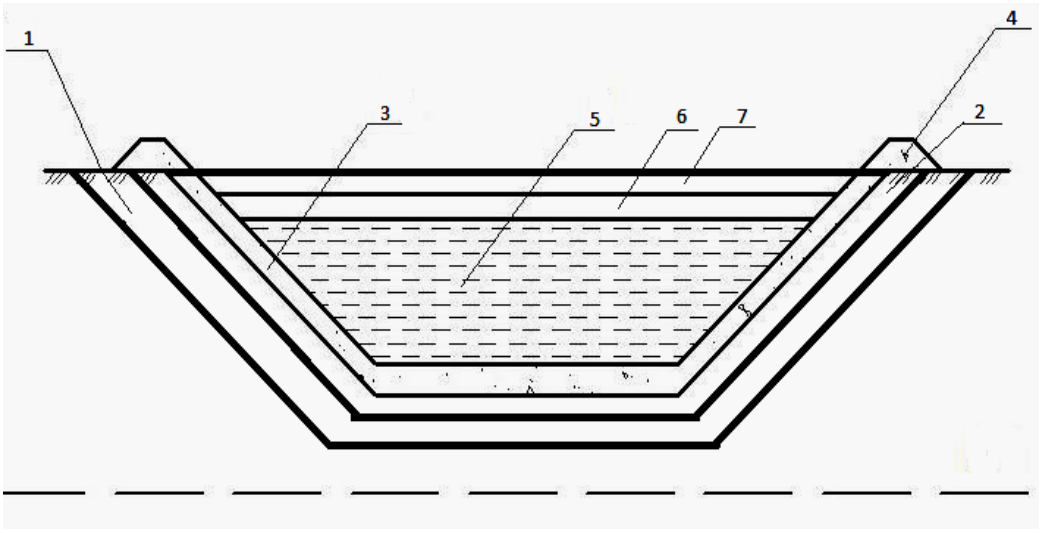


Рис.1. Екологічна модифікація нафтошламового амбару

Результати досліджень. Спостерігатиметься безсумнівна пряма екологічна вигода при використанні нового методу конструювання амбарів, оскільки за допомогою використання комбінованих стінок, а також абсорбенту елемента певного типу відходів зазначеного в «Деклараційний патент на корисну модель. Заявка 201503770, затверджений Державною службою інтелектуальної власності України, набув статусу рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель від 12.11.2015» [4]. Ми можемо прямо покращити стан навколишнього середовища у двох різних галузях, з однієї сторонни, зменшивши території, що задіюються під зберігання відходів, а отже і поступова їхня рекультивація, а, з іншої, також ефективна рекультивація нафтошламових амбарів, яка не тільки зменшує міграцію вуглеводнів, але й надасть можливість подальшого експлуатування території, яка виділялась під конструювання такого типу конструкцій.

Висновки. Наведений спосіб створення екологічної модифікації нафтошламового амбару може використовуватись на будь-якій території не зважаючи на висоту і

температуру місцевості, де ведеться, як розвідувальне буріння, так і видобувна діяльність. Запропонована модифікація є економічно вигідною та не важкою з інженерної точки зору, що в свою чергу дозволяє її використання в різних масштабах.

Література

1. Деклараційний патент на корисну модель UA74018 U. Заявка u201204835 від 17.04.2012, Опубліковано10.10.2012, бюл.№19, 2012р.

2. Деклараційний патент на винахід UA 48471U. Заявка 2001085956 від 27.08.2001., Опубліковано15.08.2002, бюл. №8 2002р.

3. Деклараційний патент на винахід UA 79436 U. Заявка 2004032026 від 18.03.2004, Опубліковано 25.06.2007, бюл. №10 2005р.

4. Деклараційний патент на корисну модель. Заявка u201503770,затверджений Державною службою інтелектуальної власності України, набув статусу рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель від 12,11,2015

ЕКОЛОГІЯ ГІДРОСФЕРИ

УДК 627.132:504.06:330.131.

Атаєв С. В.
Рівненська філія ПВНЗ
«Європейський університет», м. Рівне

ЗМІНИ МУТНОСТІ ВОДИ ПРИ ЗВЕДЕННІ БЕРЕГОУКРІПЛЮВАЛЬНИХ СПОРУД ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ ГІДРОБІОНТІВ РІЧКИ

На основі результатів прогнозування мутності води на ділянці р. Горинь, що підлягає укріпленню, встановлено, що зведення та експлуатація берегоукріплювальних споруд можуть порушувати природну динаміку мутності води по живому перерізу і довжині річки. Проаналізовано можливу реакцію гідробіонтів на зміни мутності води в районі кріплення.

Ключові слова: берегоукріплювальні споруди, мутність води, транспортуюча здатність потоку, мутність змиву, донна мутність, профіль мутності.

На основе результатов прогнозирования мутности воды на участке р. Горынь, подлежащего укреплению, установлено, что возведение и эксплуатация берегоукрепительных сооружений могут нарушать естественную динамику мутности воды по живому сечению и длине реки. Проанализирована возможная реакция гидробионтов на изменения мутности воды в районе укрепления.

Ключевые слова: берегоукрепительные сооружения, мутность воды, транспортирующая способность потока, мутность смыва, донная мутность, профиль мутности.

Based on the prediction of turbidity in the area of the river Gorin to be strengthening, it was found that the construction and operation of bank facilities can disrupt the natural dynamics of turbidity on the living section and length of the river. It analyzes the possible response of aquatic organisms to changes in water turbidity in the area of attachment.

Keywords: coast-protecting structures, turbidity of water, transporting ability of stream, turbidity of rocketing, ground turbidity, profile of turbidity.

Постановка проблеми. Мутність води у річках формується в результаті складної взаємодії між берегом, водою та наносами. Вона постійно змінюється у просторі і часі, залежить від режиму та розмиваючої здатності водного потоку [7, 5, 10]. Потік річки є несталим і просторово неоднорідним, він здатний переносити тверді частинки (наноси) та змінювати свої межі, що призводить до змін мутності води.

Для мутності річкової води характерна своя динаміка, що обумовлена не лише природними факторами, але і наслідками антропогенної діяльності [1]. Одним із факторів впливу на природну динаміку мутності річкової води є зведення та експлуатація берегоукріплювальних споруд. Берегоукріплювальні споруди можуть трансформувати режим та розмиваючу здатність водного потоку, сповільнювати або прискорювати його швидкість, насичувати або освітлювати наносами різної гідравлічної крупності. При цьому реакція гідробіонтів на зміни мутності води може бути різною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш чутливими до змін мутності води є багатоклітинні водорості та вища водна рослинність річкових біоценозів [9]. Зважені наноси в результаті механічного переміщення мас ґрунту, що складають ложе та береги річки, відносяться потоком води за межі від місця проведення гідротехнічних робіт і осідають на великій площі, замулюючи і частково знищуючи донну рослинність.

© Атаєв С. В., 2016

Підвищена мутність води помітно знижує проникнення світла та призводить до погіршення умов фотосинтезу занурених макрофітів. Загалом, тривалість дії підвищеної мутності води має вирішальне значення для занурених макрофітів. Зокрема, порогова мутність води для макрофітів *Batrachium circinatus*, *Potamogeton*, *Elodea nutteli*, дія якої може призвести до різкого зниження їх продуктивності, складає 0,01-0,02 кг/м^3 [9].

Досить чутливим до підвищеної мутності води є фітопланктон. В результаті зростання мутності річкової води змінюється видовий склад фітопланктону [6]: заміна домінуючих форм у складі діатомових водоростей (*Bacillariophyta*) (планктонних – бентосними), різке зростання ваги монадних форм із синьо-зелених водоростей (*Cyanobacteria*). При мінімальному підвищенні мутності води (0,005-0,008 кг/м^3) спостерігається зростання біомаси фітопланктону до порогового значення мутності 0,81 кг/м^3; мутність води вище за 0,81 кг/м^3 сприяє різкому зниженню первинної продукції фітопланктону.

Одним із компонентів зоопланктону річок, що відіграє значну роль у харчуванні іхтіофауни та самоочищенні води, є планктонні ракоподібні-фільтратори (*Molna brachiata*, *Ceriodaphnia pulchella*, *C. af finis Lilldeborg*, *Daphnia magna Straus*). В результаті проведених досліджень в районі днопоглиблювальних та русловипрямляючих робіт було встановлено [2]: середня добова летальна величина мутності води для ракоподібних складає 6,4 кг/м^3; при мутності води 1,6-3,2 кг/м^3 ракоподібні гинуть на п’яту добу; при мутності води більше 0,8 кг/м^3 їх ріст та розмноження пригнічуються.

По різному реагує на зміни мутності води в районі зведення споруд іхтіофауна.

Більш детально вивчена реакція іхтіофауни на зміни мутності води у гірських річках [3, 4, 11]. Зокрема, у роботі [11] досліджувався вплив випрямлення річок на кормову базу та активність лососевих (*Salmonidae*). При значеннях мутності води 0,01-0,03 кг/м^3 активність лососевих різко падала. У дослідженнях [3] було встановлено, що в результаті появи хмар замуленості, викликаних гідротехнічним будівництвом, змінюються морфологічні параметри будови тіла харіусових (*Thymallidae*), а допустимим значенням мутності є 0,015 кг/м^3. При мутності води більше 0,04 кг/м^3 у річках формується безрибна зона [4].

Менше висвітлена у науковій літературі проблема впливу динаміки мутності води на активність та фізіологію іхтіофауни рівнинних річок. Виділяється екологічна роль твердих фракцій водного потоку розмірами 0,1-100 мм (пісок, гравій, галька), що формують донну мутність річок [8]. По мірі зменшення донної мутності води у річках спостерігається зменшення кормової бази та іхтіомаси. Збільшення частки руслових фракцій у зважених наносах призводить до руйнації нерестилищ, а в окремих випадках (при донній мутності води більше 0,25 кг/м^3), відбувається загибель іхтіофауни [4]. Особливий вплив на активність та міграцію іхтіофауни мають басейнові фракції, оскільки більшість водотоків сформувались в умовах низької природної мутності (менше 0,01 кг/м^3) [7, 10]. Для ділянок водотоків з мінімальною мутністю води зведення та експлуатація берегоукріплювальних споруд можуть сприяти зростанню іхтіомаси за рахунок збільшення частки басейнових фракцій. Оптимальним діапазоном мутності води для іхтіофауни фахівці вважають мутність 0,15-0,65 кг/м^3. Мутність води більше за 0,65 кг/м^3 може призводити до зниження іхтіомаси, загибелі ікри, ушкодження зябер молоді та порушення функції дихання [4].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Руйнування берегової лінії, як наслідок розмиваючої дії водного потоку, має негативний вплив на об’єкти народного господарства, інженерні мережі, транспортну інфраструктуру і т.д. Оскільки більшість населених пунктів розташовані в районі водотоків, загроза руйнування берегової лінії може призводити до виникнення надзвичайних ситуацій та побутового травматизму. Необхідність укріплення берегів річок обумовлюється також небезпеками для руслових біотопів. Руйнація берегів призводить до змиву родючих ґрунтів, зміни умов

міграції живих організмів, зменшення ареалів зростання наземної та водної рослинності тощо.

Берегоукріплювальні роботи, з однієї сторони, припиняють процес руйнації берегів річки та зменшують збитки від негативної дії води. За рахунок кріплення берегів різкі коливання мутності води на окремих ділянках водотоку припиняються, що сприяє більш оптимальній реакції гідробіонтів на зміни водного середовища. З іншої сторони, зведення берегоукріплювальних споруд може змінювати динаміку мутності водного потоку за рахунок днопоглиблення та випрямлення русла, появи штучних каналів, стиснення потоку води спорудами тощо. На практиці інженерного захисту берегової лінії річок може виникати двояка ситуація: захисні споруди зменшують мутність води за рахунок припинення розмиву берега, покращуючи або погіршуючи умови існування гідробіонтів; ці ж споруди можуть трансформувати руслові процеси, порушуючи природну динаміку мутності води. Порівняння можливої реакції гідробіонтів на прогнозовані зміни мутності води при берегоукріпленні річок з реакцією на фонову мутність води можуть свідчити про рівень загроз для гідробіонтів в районі зведення берегоукріплювальних споруд.

Постановка завдання. У даній статті на прикладі реалізації комплексу заходів по захисту ділянки берегової лінії р. Горинь досліджено закономірності тимчасових та постійних змін мутності водного потоку по живому перерізу і довжині річки у створі споруд та вниз за течією річки. На основі прогнозу змін мутності води в районі споруд проаналізовано можливу реакцію гідробіонтів на зміни водного середовища та зроблено висновки щодо безпечності берегоукріплення ділянки річки з екологічної точки зору.

Виклад основного матеріалу. Процес формування русла річки реалізується через транспортуючу здатність водного потоку P_S (кг/с) [5]:

$$P_S = k \frac{v_{ср}}{HU}, \tag{1}$$

де k – коефіцієнт;

$v_{ср}$ – середня швидкість водного потоку, м/с;

U – середня гідравлічна крупність наносів, м/см;

H – глибина водного потоку, м.

Значення коефіцієнта k розраховується за залежністю:

$$k = \frac{1}{1 - \Gamma}, \tag{2}$$

де Γ – гідромеханічний параметр наносів [1, 5].

Якщо транспортуюча здатність водного потоку P_S не реалізована, тобто, має місце його недовантаження наносами, тоді взаємообмін між наносами і руслом річки стає незбалансованим, тобто, мутність змиву наносів $S_{взм}$ (кг/м^3) переважає над процесом їх осідання:

$$S_{взм} = 0{,}15 N \eta^2 \frac{v_{ср}^2}{H}, \tag{3}$$

$$N = \frac{MC}{g}, \tag{4}$$

$$\eta^2 = \frac{0{,}53C - 4{,}1}{C - 2}, \tag{5}$$

$$M = 0{,}7C + 6, \tag{6}$$

де N – функція коефіцієнта Шезі C, м$^{1/2}$/с;

M – функція коефіцієнта Шезі C, м$^{1/2}$/с;

C – коефіцієнт Шезі, м$^{1/2}$/с;

g – прискорення вільного падіння, 9,8 м/с^2;

η – співвідношення донної швидкості водного потоку до середньої.

При зростанні витрат наносів на ділянках річок спостерігається розмив русла. Розмив призводить до збільшення глибини водного потоку H і, відповідно, зменшення його швидкості $v_{\text{ср}}$ та транспортуючої здатності P_{S}. При досягненні рівного співвідношення між витратами наносів і транспортуючою здатністю водного потоку P_{S} розмив припиняється. При замуленні формується обернена ситуація: процес осідання наносів призводить до зменшення глибини водного потоку H і викликає збільшення його швидкості $v_{\text{ср}}$ і транспортуючої здатності P_{S}. Коли транспортуюча здатність досягає фактичного значення витрат наносів, процес замулення припиняється.

Важливим показником динаміки мутності водного потоку по живому перерізу річки є донна мутність води $S_{\text{Н}}$ [5]:

$$S_{\text{Н}} = S_{\text{взм}} \sum_{i=1}^{m} \frac{\alpha_{\text{взм}i}}{100} \Phi_i, \tag{7}$$

$$\alpha_{\text{взм}i} = \frac{\alpha_{\text{дн}i}}{\mu_{\text{взв}}}, \tag{8}$$

$$\varepsilon_i = \frac{u_i}{\omega}, \tag{9}$$

$$\omega = \frac{v_{\text{ср}}}{\sqrt{N}}, \tag{10}$$

де m – число зважених фракцій;

$\alpha_{\text{взм}i}$ – процентний вміст наносів *i*-ої фракції у складі мутності змиву (зваженої частини донних наносів);

$\alpha_{\text{дн}i}$ – процентний вміст наносів *i*-ої фракції у складі донних наносів;

Φ_i – функція взаємообміну *i*-ої фракції по Караушеву, що залежить від величини ε_i;

$\mu_{\text{взв}}$ – коефіцієнт зважування наносів; u_i – гідравлічна крупність наносів *i*-ої фракції, м/см;

ω – характеристика пульсацій турбулентних потоків.

Для комплексного аналізу мутності води у створі річки використовують залежність Макавєєва [5], що дозволяє визначити середню концентрацію наносів S з гідравлічною крупністю U на глибині y від поверхні водного потоку:

$$S = S_{\text{Н}} \exp^{-\frac{2C}{g}\frac{U}{v_{\text{ср}}}\left(1-\frac{y}{H}\right)}. \tag{11}$$

Загальна закономірність розподілу мутності у створі річки виражається експоненціальною кривою – епюрою (рис. 1), що характеризує зменшення мутності від дна до поверхні водного потоку. Значний вплив на розподіл мутності мають місцеві умови. При однакових гідравлічних умовах та складі наносів виявляється, що епюра перевантаженого наносами водного потоку дає менш інтенсивне зменшення мутності до поверхні, чим для недовантаженого, епюра рівномірного розподілу займає проміжне положення між перевантаженим і недовантаженим наносами потоками води (рис. 1).

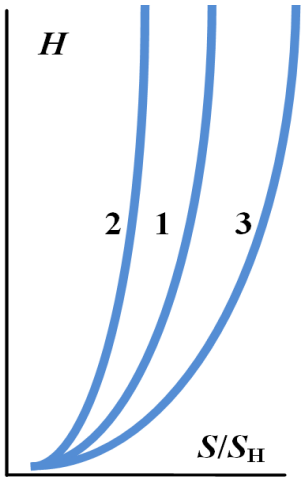
Для визначення мутності води по довжині незначної ділянки річки P_{Sl}, яка представлена окремими блоками Δx (м), скористаємося наступною залежністю [1]:

$$P_{Sl} = P_{Sx} + (P_{So} - P_{Sx})\exp^{-\frac{B(U+k)}{Q}\Delta x}, \quad (12)$$

де P_{Sx} і P_{So} – транспортуюча здатність водного потоку у створах річки у кінці та на початку розрахункового блоку Δx, кг/с;

B – середня ширина річки, м;

Q – середні витрати води, що проходять через розрахунковий блок Δx, м^3/с.



1 – насичений потік; 2 – недовантажений потік; 3 – перевантажений потік

Рис. 1. Загальний вигляд епюри вертикального розподілу безрозмірної мутності води

Берегоукріплювальні роботи можуть змінювати розподіл мутності водного потоку за рахунок його стиснення [4], що призводить до зростання рівнів води у річці ΔH:

$$\Delta H = 2\frac{Q_{ст}}{Q_п}\left(1+\frac{Q_р}{Q_п}-\frac{Q_р v_{пов}}{v_{ср}Q_п}\right)\frac{\alpha_k v_{ст}^2}{2g}, \quad (13)$$

де $Q_{ст}$ і $Q_п$ – витрати води у річці, що проходять через створ у місці кріплення при стиснутому і побутовому стоках води, відповідно, м^3/с;

$Q_р$ – середньорічні витрати води у річці, м^3/с;

$v_{пов}$ – швидкість течії річки при проходженні повені, м/с;

$v_{ст}$ – швидкість стиснутого потоку води в районі кріплення, м/с;

α_k – коефіцієнт Коріоліса, 1,05.

Мутність води у річках при укріпленні берегової лінії може змінюватися в результаті виправлення русла. Берегоукріплювальні роботи на час їх проведення передбачають захист розмитої ділянки річки шляхом зведення земляних захисних споруд та тимчасового пониження рівнів води. В період будівництва такі ділянки водотоків не приймають участі у транспортуванні наносів, цю функцію виконують незакріплені русловипрямляючі земляні канали, які, в свою чергу, змінюють транспорт наносів [1]. На практиці берегоукріплення ліквідація таких каналів не вигідна з економічної точки зору. Постійна експлуатація обвідних каналів може призводити до зміни параметрів водного потоку не лише у створі берегоукріплювальних споруд, але і вниз за течією річки.

Мутність водного потоку може змінюватися і при наявності перешкод вниз за течією річки від місця проведення гідротехнічних робіт. В районі таких перешкод, наприклад, мостових опор, розподіл мутності відрізняється від побутового стоку річки. Стиснення потоку води опорами призводять до зміни його швидкості $v_{ср}$ і глибини $H_{пр}$ [1]:

$$v_{ср} = \left(\lg \frac{8{,}8 H_{ср}}{U_{max}} \right) \sqrt{\frac{2g(\rho_S - \rho)U}{1{,}75\rho}}, \tag{14}$$

$$H_{пр} = \left(\frac{m h_{поб}^{1,7}}{0{,}68 U^{0,28} \beta} \right)^{\frac{1}{1+x}}, \tag{15}$$

$$m = \frac{Q_{max}}{H_{ср}^{1,7} B_м \mu_{ст}}, \tag{16}$$

де $H_{ср}$ – середня глибина у річці, м;

U_{max} – максимальна гідравлічна крупність наносів, м/см;

ρ_S і ρ – густина твердих частинок і води, кг/м^3;

$h_{поб}$ – середня глибина річки під мостовими опорами, м;

x – показник, що змінюється в залежності від крупності наносів U, 0,44-0,29;

β – коефіцієнт, що враховує максимальні витрати води Q_{max}, на проходження яких розрахований міст, 0,86-1,12;

$B_м$ – ширина річки в районі моста, м;

$\mu_{ст}$ – коефіцієнт стиснення водного потоку.

Досить актуальною і складною залишається проблема визначення зони нормалізації мутності води – ділянки водотоку вниз за течією від місця укріплення берега, мутність якої наближається до побутового стану річки. В залежності від рівня антропогенного освоєння така зона може формуватися на відстані до декількох кілометрів [4].

Для прогнозування змін мутності води річки по живому перерізу та довжині в районі зведення берегоукріплювальних споруд та вниз за течією можна скористатися залежностями (1)-(12), але при отриманні таких оцінок необхідно враховувати зміни параметрів потоку за залежностями (13)-(16).

Розглянемо процедуру прогнозування змін мутності водного потоку на прикладі зведення берегоукріплювальних споруд на р. Горинь (рис. 2). Досліджувану ділянку водотоку загальною довжиною 1,8 км було розбито на 6 розрахункових блоків Δx: блок 1 – 228 м, блок 2 – 356 м, блок 3 – 256 м, блок 4 – 360 м, блок 5 – 365 м, блок 6 – 260 м. Кожен блок використовувався для прогнозування змін мутності води по довжині річки, при цьому у створах, які визначали початок і кінець блоку, розраховувались зміни вертикального розподілу мутності води. Розрахункові блоки 2 і 3 – це ділянки річки, де безпосередньо виконувались гідротехнічні роботи. Створ річки, розташований між блоками 2 і 3, був розрахунковим створом берегоукріплювальних споруд. В якості кінцевого створу блоку 3 було використано місце розташування мостового переходу.

Спочатку розрахували коефіцієнт Шезі C для створів річки [5]:

$$C = \frac{v_{ср}}{\sqrt{HI}}, \tag{17}$$

де I – ухил річки, м/км.

За даними багаторічних гідрологічних спостережень глибини у р. Горинь розподіляються нерівномірно: на плесах – 1,4-2,5 м, місцями до 5-11 м, на перекатах

зменшуються до 0,3-1 м. Середня швидкість річки на плесах складає 0,1-0,3 м/с, на перекатах – 0,5-1,3 м/с. Приймаємо, що величина H для ділянки водотоку на плесах та перекатах становить, відповідно, 2,5 і 0,8 м. Величина середньої швидкості потоку $v_{ср}$ на плесах складає 0,25 м/с, на перекатах – 0,8 м/с. Ухил водотоку по ділянці річки I приймається 0,33 м/км.

Рис. 2. Схематичне розташування створів та розрахункових блоків ділянки р. Горинь, де прогнозувалися зміни мутності

При зведенні берегоукріплювальних споруд врахуємо ефект стиснення водного потоку у їх створі та в районі мостових опор.

За залежністю (13) визначимо глибину ΔH. Середньорічні витрати води у річці $Q_р$ складають 26,3 м^3/с. Витрати води у річці, що проходять через створ споруд, при стиснутому $Q_{ст}$ і побутовому $Q_п$ стоках води, приймались, відповідно, 53,6 і 43,8 м^3/с. Швидкість течії річки при проходженні повені $v_{пов}$ та в районі споруд $v_{ст}$ складає 2,4 і 1,3 м/с, відповідно. Таким чином, $\Delta H = 0{,}14$ м.

Надалі можна припустити, що підняття рівнів води у створі споруд викликатиме збільшення глибини потоку H у створах вниз за течією річки:

$$H = H_{ср} + \Delta H \,. \qquad (18)$$

За залежностями (15)-(16) розрахуємо глибину стиснутого мостовими опорами водного потоку $H_{пр}$. Мостовий перехід розрахований на проходження максимальних витрат води 1% забезпеченості $Q_{max} = 88{,}0$ м^3/с. Ширина річки в районі моста $B_м = 39$ м, а коефіцієнт стиснення потоку $\mu_{CT} = 1{,}5$. Значення m за залежністю (16) становитиме 0,47.

Визначимо гідравлічну крупність наносів U та u_i.

Для всіх створів досліджуваної ділянки водотоку враховували зважені фракції наносів лише трьох груп ($m = 3$): дрібні наноси ($d = 0{,}003$ мм, $u_i = 0{,}005$ м/см), середні наноси ($d = 0{,}2$ мм, $u_i = 3$ м/см) та великі наноси ($d = 1{,}0$ мм, $u_i = 6$ м/см). Середня гідравлічна крупність наносів U у створах визначалась за наступною залежністю:

$$U = 1{,}22\sqrt{(\rho_S - \rho/\rho)gd} \,, \qquad (19)$$

де d – середній діаметр частинок, мм.

Приймаємо, що середня гідравлічна крупність частинок для створів водотоку становить $U = 1{,}04$ м/см при умові, що їх густина $\rho_S = 2{,}65 \cdot 10^3$ кг/м^3 та середній діаметр $d = 0{,}045$ мм однакові. Глибина стиснутого мостовими опорами потоку води за залежністю (15) складатиме $H_{пр} = 3{,}20$ м, а з врахуванням залежності (18) – $H_{пр} 3{,}34$ м.

Якщо стиснення водного потоку сприятиме збільшенню глибини H вниз за течією річки, то виправлення русла обвідним каналом буде зменшувати його швидкість $v_{ср}$. Справедливою є точка зору, що у місці з'єднання русла річки із каналом процеси акумуляції наносів переважають, а у місці виходу каналу – зменшуються. Спостерігається розмив, який призводить до збільшення глибини потоку H і, відповідно, зменшення його швидкості $v_{ср}$. Зупинимося на прогнозуванні змін швидкості потоку $v_{ср}$, процесом розмиву та зміною глибини потоку H в районі виходу каналу знехтуємо.

Зміну швидкості водного потоку $v_{ср}$ вниз за течією річки визначимо опосередковано шляхом розрахунку зменшення діаметру частинок D при їх стиранні на шляху переміщення l (м) у обвідному каналі [5]:

$$D = D_0 \exp^{-ml}, \tag{20}$$

де D_0 і D – фоновий діаметр та діаметр частинок на виході з каналу, мм;

m – коефіцієнт, що враховує стійкість частинки до стирання, $5 \cdot 10^{-6} \le m \le 10 \cdot 10^{-6}$.

Розрахунки показали, що на виході з каналу діаметр дрібних, середніх і великих наносів становитиме 0,002, 0,19 і 0,99 мм, а середній діаметр частинок – 0,044 мм. Невелика довжина каналу ($l = 232$ м) призводить до незначного зменшення діаметру наносів.

Визначимо середню швидкість водного потоку в районі мостових опор $v_{ср}$ для побутового стану річки за залежністю (14). Максимальну гідравлічну крупність наносів U_{max} розраховуємо за залежністю (19) для частинок з діаметром $d = 1{,}0$ мм. Таким чином, $U_{max} = 4{,}92$ м/см, швидкість $v_{ср} = 2{,}85$ м/с.

Розрахувавши діаметр частинок на виході з каналу D, визначимо середню швидкість потоку $v_{ср}$ в районі мостового переходу з врахуванням зміни гідравлічної крупності наносів U та U_{max}. При виправленні русла швидкість потоку буде становити $v_{ср} = 2{,}82$ м/с.

Результати розрахунків коефіцієнта Шезі C для розрахункових створів досліджуваної ділянки водотоку зведені у табл. 1.

Таблиця 1

Значення коефіцієнта Шезі у створах річки*

Блок річки	Створ річки	Швидкість потоку $v_{ср}$, м/с		Глибина потоку H, м		Коефіцієнт Шезі C, м$^{1/2}$/с	
		П	Б	П	Б	П	Б
1	Поч.	0,25	0,25	2,50	2,50	28	28
	Кін.	0,80	0,80	0,80	0,80	56	56
2	Поч.	0,80	0,80	0,80	0,80	56	56
	Кін.	0,80	0,76	0,80	0,94	56	13
3	Поч.	0,80	0,76	0,80	0,94	56	13
	Кін.	2,86	2,82	3,20	3,34	27	26
4	Поч.	2,86	2,82	3,20	3,34	27	26
	Кін.	0,25	0,21	2,50	2,64	28	20
5	Поч.	0,25	0,21	2,50	2,64	28	20
	Кін.	0,80	0,76	0,80	0,94	56	13
6	Поч.	0,80	0,76	0,80	0,94	56	13
	Кін.	2,86	2,82	3,20	3,34	27	26

*П – побутовий стік річки; Б – при зведенні берегоукріплювальних

Результати розрахунків мутності змиву $S_{взм}$ та донної мутності $S_н$ подані на рис. 3. При порівнянні даних показників до і після зведення споруд приходимо до висновків: у створі споруд показники мутності різко падають за рахунок освітлення потоку води; освітлення потоку води поширюється майже на відстань до 2 км вниз за течією річки.

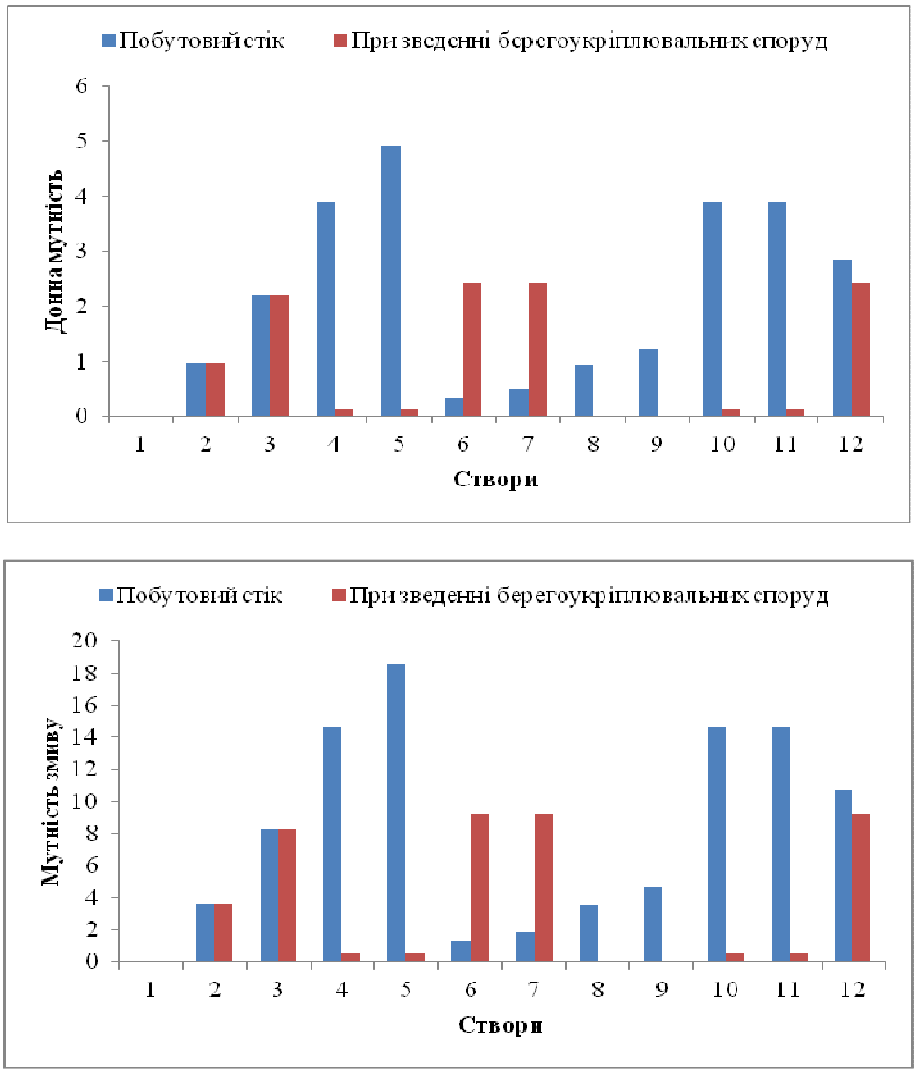


Рис. 3. Мутність змиву та донна мутність води до і після зведення споруд

За результатами прогнозування вертикального розподілу мутності на рис. 4 побудовані епюри мутності води у створах річки. Потік річки у кінцевому створі блоку 1, що розташований в районі перекату, можна охарактеризувати як більш недовантажений наносами, ніж у початковому створі, що розташований в районі плес вверх за течією річки. В результаті зведення берегоукріплювальних споруд потік річки, що проходить у їх створі, стає більш перевантаженим наносами, ніж у побутовому стані річки. Подальші зміни водного потоку в районі споруд сприяють змінам його мутності у створах річки вниз за течією. Мутність води у цих створах змінюється також і в результаті появи випрямляючого каналу. Зокрема, у створі мостового переходу потік стає більш недовантаженим наносами порівняно із ситуацією до появи берегоукріплювальних споруд і випрямляючого каналу. Визначення зони нормалізації мутності водного потоку виконуємо за фактом відхилення епюри мутності для побутового стану річки від стоку річки з берегоукріплювальними спорудами. Дослідження показують, що така зона формується на відстані майже 2 км.

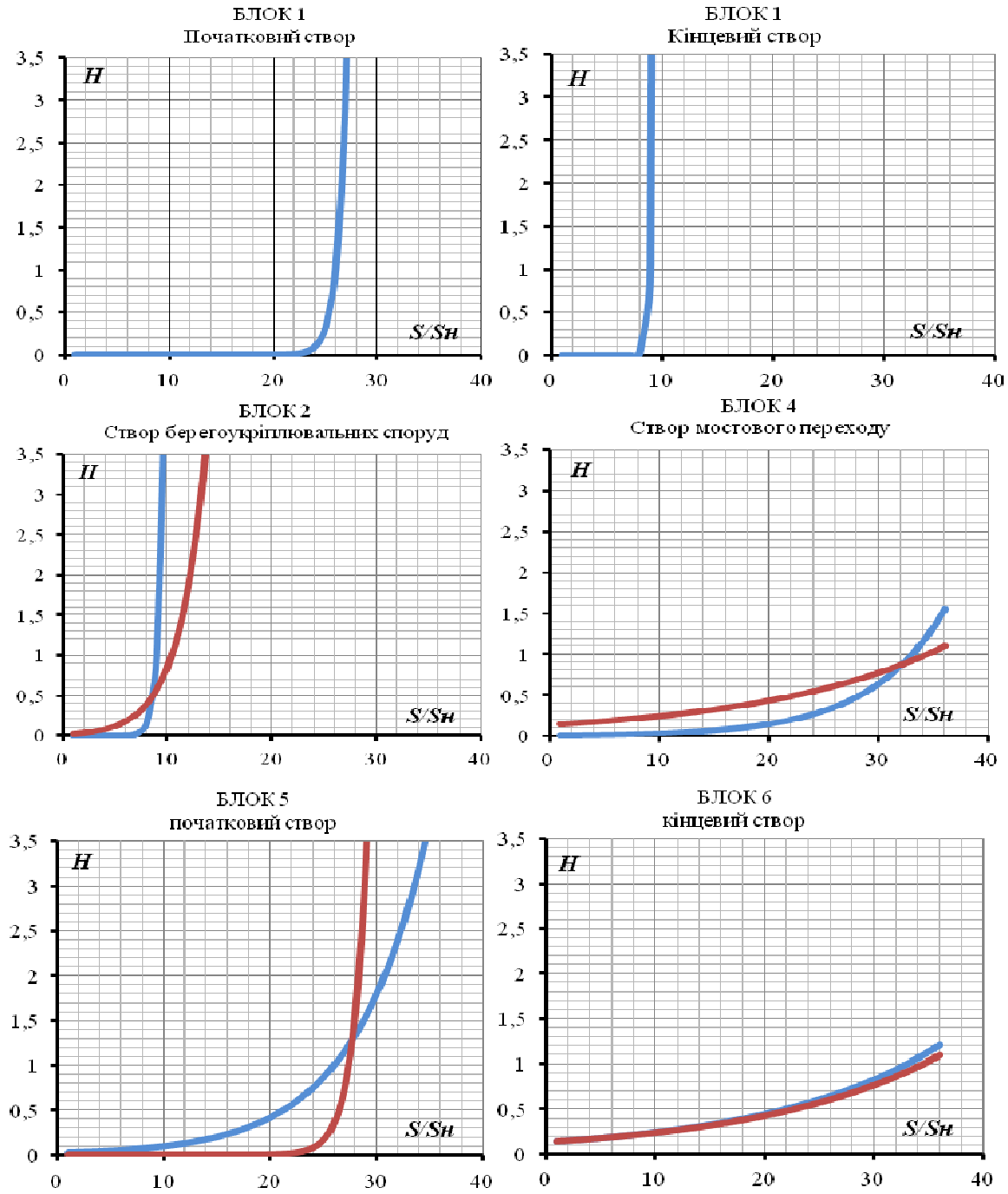


Рис. 4. Епюри розподілу мутності води у створах річки до і після зведення споруд

Результати розрахунків розподілу мутності води по довжині досліджуваної ділянки водотоку зведені у табл. 2. Таким чином, при умові зведення берегоукріплювальних споруд спостерігається різка зміна середньої мутності води за рахунок зменшення швидкості $v_{ср}$ та збільшення глибини потоку H. Аналогічна ситуація спостерігається у створі мостового переходу. Вниз за течією річки в районі плес мутність сильно спадає за рахунок освітлення потоку, а в районі перекату блоку 6 вирівнюється до побутового стану річки.

Проведемо аналіз можливої реакції гідробіонтів на прогнозовані зміни мутності води в районі зведення берегоукріплювальних споруд.

Занурені макрофіти. Згідно результатів прогнозування мутності побутового стоку ділянки водотоку, що підлягає укріпленню, умови зростання макрофітів не є комфортними. Порогова мутність води для макрофітів складає 0,01-0,02 кг/м^3 [9], а

розрахована середня мутність побутового стоку річки – 1,06 кг/м^3. При зведенні берегоукріплювальних споруд середня мутність води буде складати 1,68 кг/м^3, що погіршує умови зростання макрофітів. Особливо несприятливим є 4 блок ділянки водотоку (рис. 2), мутність води якого зростає майже у 6 разів порівняно із побутовим стоком річки. Незначне освітлення потоку води в районі 5 блоку водотоку може сприяти збільшенню біомаси макрофітів.

Таблиця 2

Середня мутність води для розрахункових блоків річки

Блок річки	Створ річки	Ширина річки B, м	Параметр Γ		Коефіцієнт k		Транспортуюча здатність P_S, кг/с		Середня мутність P_{Sl}, кг/м^3	
			П	Б	П	Б	П	Б	П	Б
1	Поч.	30	0,72	0,72	3,52	3,52	0,27	0,27	0,27	0,27
	Кін.	38	0,33	0,33	1,48	1,48	0,71	0,71		
2	Поч.	38	0,33	0,33	1,48	1,48	1,07	1,07	1,07	1,07
	Кін.	40	0,03	0,41	1,03	1,71	0,99	1,33		
3	Поч.	40	0,03	0,41	1,03	1,71	1,11	1,33	1,11	1,33
	Кін.	39	0,67	0,86	3,00	7,19	0,90	5,96		
4	Поч.	39	0,67	0,86	3,00	7,19	1,08	5,96	1,08	5,96
	Кін.	34	0,67	0,29	3,06	1,42	1,65	0,11		
5	Поч.	34	0,67	0,29	3,06	1,42	1,88	0,11	1,88	0,11
	Кін.	40	0,03	0,41	1,03	1,71	0,99	1,35		
6	Поч.	40	0,03	0,41	1,03	1,71	0,99	1,35	0,99	1,35
	Кін.	28	0,20	0,20	1,25	1,25	1,08	1,04		

Фітопланктон. Пороговим значенням мутності води для фітопланктону в районі берегоукріплення вважаємо величину 0,81 кг/м^3 [6]. Мутність побутового стоку річки дещо перевищує зону комфорту для фітопланктону. При зведенні споруд у 5 блоці ділянки водотоку за рахунок освітлення потоку умови для зростання фітопланктону стають більш оптимальними, тому передбачається зростання біомаси водоростей.

Зоопланктон. Оптимальним діапазоном мутності води для зоопланктону приймаємо 0,8-1,6 кг/м^3, що встановлена для ракоподібних-фільтраторів [2]. Побутовий стік річки в районі будівництва споруд за показником мутності є сприятливим для розмноження і міграції ракоподібних. При зведенні споруд в районі 4 блоку ділянки водотоку різке зростання мутності води може призвести до значного скорочення біомаси зоопланктону.

Іхтіофауна. В районі зведення споруд особливий вплив на іхтіофауну має динаміка донної мутності води. Пороговим значенням донної мутності води вважаємо величину 0,25 кг/м^3 [4]. Середня розрахована донна мутність води побутового стоку річки складає 2,14 кг/м^3, що вище за порогове значення. При зведенні споруд донна мутність води зменшується до 0,92 кг/м^3, що сприяє концентрації іхтіофауни в районі зведення споруд.

За результатами розрахованої середньої мутності води на ділянці водотоку для побутового стоку річки можна зробити наступні висновки: 1) умови водного середовища за показником мутності для іхтіофауни не є комфортними, оскільки середнє значення мутності води вище за порогове значення 0,65 кг/м^3; 2) оптимальними блоками ділянки водотоку для концентрації іхтіофауни є блоки 1 та 6; 3) ділянка водотоку, що обмежена 2-5 блоками, за рахунок підвищеної фонової мутності води може сприяти появі безрибної зони.

За результатами розрахованої середньої мутності води на ділянці водотоку при зведенні споруд можна зробити наступні висновки: 1) умови водного середовища за показником мутності для іхтіофауни не є комфортними, оскільки середнє значення мутності води вище за порогове значення 0,65 кг/м^3; 2) оптимальним блоком ділянки

водотоку для іхтіофауни є блок 5, де потік освітлюється і мутність зменшується до 0,11 кг/м^3.

Висновки. Зміни мутності річкової води можуть викликати порушення встановлених складних енергетичних та речовинних зв'язків між різними компонентами та ярусами екосистеми, змінювати умови зростання та видовий склад водної рослинності, зменшувати кормову базу іхтіофауни, ускладнювати міграцію та орієнтацію гідробіонтів у потоці води, призводити до порушення їх активності або загибелі.

Основні причини зміни мутності води при берегоукріплювальних роботах пов'язані, в першу чергу, із стисненням водного потоку річки. Ефект стиснення призводить до епізодичного підняття рівнів води, змінюючи, таким чином, параметри водного потоку. Зміни мутності води можуть посилюватися в районі розташування мостових переходів вниз за течією від створу споруд. Крім ефекту стиснення водного потоку його виправлення може призводити до зменшення швидкості. Синергія стиснення і випрямлення потоку сприяє постійним змінам мутності води на певних ділянках річки. Будь-які відхилення режиму мутності потоку річки при зведенні споруд від побутового стану можуть свідчити про рівень впливу берегоукріплювальних робіт на руслові процеси.

Розглянутий вище приклад впливу берегоукріплювальних споруд на природну динаміку мутності водного потоку свідчить про те, що при визначенні рівня екологічної безпеки експлуатації таких об'єктів важливо аналізувати реакцію гідробіонтів на встановлену фонову мутність води. Так, для досліджуваної ділянки водотоку за показником мутності води умови зростання та розмноження макрофітів, фітопланктону та іхтіофауни можна охарактеризувати як некомфортні, при цьому вони є оптимальними для ракоподібних-фільтраторів. Для деяких видів гідробіонтів руслових біотопів річок, потік яких перевантажений наносами, зведення та експлуатація берегоукріплювальних споруд можуть виконувати меліоративну функцію: сприяти збільшенню їх біомаси, покращувати умови харчування та міграції за рахунок освітлення потоку води та зменшення донної мутності.

Література

1. Барышников Н.Б. Антропогенное воздействие на русловые процессы / Н.Б. Барышников / Учебное пособие. – Л.: Изд. ЛГМИ, 1990. – 140 с.

2. Горбунова А.В. Влияние повышенной мутности воды на планктонных ветвистоустых ракообразных-фильтраторов [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук (03.00.18) / Горбунова Алевтина Владимировна; МГУ им. М.В. Ломоносова. – Москва, 1993. – 25 с.

3. Зюсько А.Я. Влияние повышенного содержания минераьных взвешенных веществ в воде на популяционные характеристики рыб горных рек [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук (03.00.16) / Зюсько Анатолий Яковлевич; Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской Академии Наук. – Екатеринбург, 1993. – 19 с.

4. Калиничева В.Г. Влияние взвешенных веществ на рыб (икра, личинки, сеголетки) / В.Г. Калиничева // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ, 1987. Вып. 255. С. 55–58.

5. Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов / А.В. Караушев // Монография. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 259 с.

6. Максимова А.Б Оценка влияния повышенной мутности воды, возникающей при проведении гидротехнических работ, на структурно-функциональные характеристики фитопланктона [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук (03.00.18) / Максимова Ольга Борисовна; ГосНИОРХ. – Санкт-Петербург, 2002. – 26 с.

7. Малі річки України: Довідник / А.В Яцик, Л.Б. Бишовець та ін. За ред. А.В. Яцика. – К.: Урожай, 1991. – 296 с.

8. Морева А.О. Влияния работы земснаряда ЗРС-Г на жизнедеятельность гидробионтов при дноуглублении и добыче песка в озерном расширении р. Везломы у г. Бор Нижегородской обл. / А.О. Морева и др. // ВОДА: ХИМИЯ и ЭКОЛОГИЯ, 2014. № 4. С. 18–32.

9. Шерстнёва О.А. Влияние повышенной мутности воды, возникающей при проведении гидротехнических работ, на продуктивность погруженных макрофитов [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук (03.00.18) / Шерстнева Ольга Александровна; ГосНИОРХ. – Санкт-Петербург, 2002. – 26 с.

10. Яцык А.В. Гидроэкология / А.В. Яцык, В.М. Шмаков. – К.: Урожай, 1992. – 192с.

11. Petticrew E.L., Albers S.J. 2010. Salmon as biogeomorphic agents: temporal and spatial effects on sediment quantity and quality in a northern British Columbia spawning channel // Sediment dynamics for a changing future. IAHS Publ, 337. P. 251–257.

ЕКОЛОГІЯ ФІТОСФЕРИ

УДК 504.61

Зоріна Н. О., Радловська К. О.,
Боднар Н. В., Голембйовська М. Ю.
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ АТМОСФЕРИ МІСТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА МЕТОДОМ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ

У статті викладено результати ліхеноіндикаційної оцінки якості повітряного середовища у м. Івано-Франківську. Для визначення стану повітря використовували найбільш поширені епіфітні лишайники (калоплака, цетрарія, ксанторія, леканора, фісція, паргелія, кладонія). Досліджено вплив оксидів сірки на проектне покриття та морфологію лишайників.

Ключові слова: лишайники, епіфіти, ліхеноіндикація, накипні, листуваті, кущисті лишайники.

В статье высветлены результаты лихеноиндикационной оценки качества воздушной среды в г. Ивано-Франковске. Для определения состояния воздуха использовали наиболее распространенные эпифитные лишайники (калоплака, цетрария, ксантория, леканора, фисция, паргелия, кладония). Исследовано влияние оксидов серы на проектное покрытие и морфологию лишайников.

Ключевые слова: лишайники, эпифиты, лихеноиндикация, накипные, лиственные, кустовые лишайники.

The article presents the results of lichen-indicational assessment of air quality in Ivano-Frankivsk city. The main attention was paid on the determination of air quality using the most common epiphytic lichens (kaloplaka, tsetrariya, ksantoriya, archill, fistsiya, parghelia, kladoniya). It was made the effect of sulfur on the project coverage and morphology of lichens.

Keywords: lichen, epiphytes, lichen-indication, scum-like, turn pages, bushy lichens.

Постановка проблеми. Від середини XX століття і у наш час спостерігається значне забруднення атмосфери транспортом, промисловими та комунальними підприємствами. З приводу цього у багатьох країнах світу створені системи контролю за якістю повітря. Метод біоіндикаторів заснований на дослідженні впливу екологічних факторів, що змінюються, на різні характеристики біологічних об'єктів та систем.

Ліхеноіндикаційні методи виступають одним з головних способів визначення чистоти повітря, оскільки вони є високоінформативними та одночасно дешевими.

Актуальність теми. Проблема забрудненості навколишнього середовища є глобальною проблемою сучасності. Одним з найважливіших критеріїв сприятливої екологічної ситуації є чистота повітря. Ступінь чистоти повітря можна визначити багатьма методами, але більшість з них дуже складні або затратні. Є альтернатива – ліхеноіндикація.

Аналіз попередніх досліджень даної проблематики. Дослідженням лишайників як біоіндикаторів присвячено багато робіт у схожих за природними умовами територіях (Р. Шуберт, 1988 [1]; С. Д. Зеленко, 1999 [2], С. Я. Кондратюк, В. О. Кучерявий, В. О. Крамарець, 1991, 1993 [3, 4]; Л. А. Некрасенко, О. М. Байрак, 2002 [5]; Х. Х. Трасс, 1984 [6]; T. Hartman, 2004 [7]; J. Asta, W. Erhardt, M. Ferretti, 2002 [8]; S. Ya. Kondratyuk, 1994 [9]; L. P. Popova, A. Lackovičová, I. Pišút, 2003 [10]; F. A. Yule, O. Ll. Lloyd, 1984 [11].

© Зоріна Н. О., Радловська К. О., Боднар Н. В., Голембйовська М. Ю., 2016

Починаючи з 90-х років ліхеноіндикаційні роботи проводяться і в Україні. Перша робота з ліхеноіндикації забруднення повітря проведена у Львові. Кілька років по тому з'явились роботи з ліхеноіндикаційного картування міст Івано-Франківська, Тернополя, Луцька, Рівного, районів Івано-Франківської області, м. Чернігова та м. Кременчука.

Згідно європейських директив, для ліхеноіндикаційних досліджень у першу чергу рекомендується використовувати фруктові дерева, причому на території досліджень необхідно сумувати дані, отримані для дерев одного виду. Якщо це неможливо – тоді сумуються дані для видів з подібними властивостями кори. Групування даних за деревами з різними фізико-хімічними властивостями кори не допускається. Зазвичай в ліхеноіндикаційному картуванні закордонні та вітчизняні дослідники використовують дані лише за листяними видами. Тим не менш, в світовій ліхеноіндикаційній практиці трапляються дані з біоіндикації забруднення повітря на підставі епіфітного лишайникового покриву кори стовбурів шпилькових видів дерев.

Значну частину робіт з біогеохімічної індикації атмосферного забруднення виконують у межах природно-заповідних територій, що дає змогу отримати фонові показники біонакопичення пріоритетних антропогенних полютантів. Поряд з визначенням фонових параметрів окремих біоіндикаторів значний інтерес становить індикація забруднення урбанізованих територій [12].

Різниця між лишайниковими флорами природних і культурних ландшафтів були помітні уже ліхенологами минулого століття. Не маючи тоді точних даних відносно екологічних умов міст, вони могли лише припускати, що частина лишайників чутлива до якихось міських умов, по всій вірогідності, до складу повітря. В подальшому було встановлено, що різноманітні види лишайників дійсно володіють різною чутливістю. Одні ростуть лише в природних, не змінених культурою ландшафтів, інші переносять помірний вплив цивілізації, зберігаючись у невеликих населених пунктах, а третя група здатна рости і у великих містах, або хоча б на окраїні.

При вивченні лишайників багатьох міст були помічені деякі закономірності:

1. Чим більш індустріалізоване місто, чим сильніше забруднене його повітря, тим менше зустрічається в ньому видів лишайників, тим меншу площу покривають вони на стовбурах дерев та інших субстратах та тим нижче їх життєздатність.

2. При підвищенні степеня забрудненості повітря першими зникають кущисті лишайники, за ними – листуваті і останні – накипні.

Видовий склад лишайників в різних частинах міст виявився настільки різним, що вчені стали в межах міст виділяти так звані «зони лишайників». Вперше вони були виділені в Стокгольмі, де стали розрізняти лишайникову «пустелю» – тут лишайники майже зовсім відсутні; зону «змагання» – флора лишайників бідна, види зі зниженою життєздатністю; «нормальну» зону, де зустрічається багато видів лишайників. Пізніше такі зони були встановлені і в інших містах. Було також помічено, що в деяких з них площа лишайникової «пустелі» за останні десятиріччя збільшилась. Наприклад, в Мюнхені в 1901 році вона складала 8 км^2, а в 1957 році – вже 58 км^2.

Тривалий час не могли пояснити, які саме фактори призводять до збіднення та навіть зникнення флори лишайників у містах. Впродовж останніх десятиліть було показано, що з компонентів забрудненого повітря на лишайники самий негативний вплив має оксид сірки. Експериментально встановлено, що ця речовина уже у концентрації 0,08-0,10 мг на 1 м^3 повітря починає негативно впливати на велику кількість лишайників: в хлоропластах водоростевих клітин з'являються бурі плями, починається деградація хлорофілу, плодові тіла лишайників хиріють. Концентрація SO_2, що дорівнює 0,5 мг/м^3, згубна для всіх видів лишайників, що ростуть у природних ландшафтах. Цікаві дані були отримані також методом пересадки деяких лишайників з природних умов у міські, при цьому у різних видів виявилася різна реакція на зміну умов: одні швидко вимирали, інші пристосовувались навіть до отруєного середовища [13].

Звичайно, у містах на лишайники згубно впливає не тільки оксид сірки, але й інші забруднювачі – оксиди азоту, оксиди вуглецю, сполуки фтору та інше. Крім того, у містах сильно змінені мікрокліматичні умови – тут «сухіше», ніж в природних ландшафтах (приблизно на 5 %), тепліше (у різних містах на 1-3 ºС), менше світла (у Манчестері, наприклад, всього 1100 сонячних годин з можливих 4500). Лишайники надають перевагу вологим місцям проживання, і ці умови, звичайно, справляють на них певний вплив. І все ж таки перший їхній «ворог» у містах – забруднене повітря. Тепер уже людина, яка хоча б трохи знає лишайники (15-20 видів), прогулюючись по місту , може сказати, наприклад, що на цій алеї повітря сильно забруднене, кількість оксиду сірки у повітрі перевищує 0,3мг/м^3 (лишайникова «пустеля»), в цьому парку повітря забруднене помірно, кількість SO_2 коливається між 0,05-0,2 мг/м^3 (це можна встановити по зростанню на стовбурах деяких витривалих по відношенню до забруднювачів лишайників – ксанторії, фісції, анаптіхії, леканори та інші), а на цій території повітря доволі чисте – SO_2 менше 0,05 мг/ м^3 (на це вказують зростаючі на стовбурах види природної флори – паргелії, алекторії та інші) [14].

Мета дослідження: виявити ефективність методу ліхеноіндикації, визначити рівень забруднення повітря кислотними оксидами, вивчити видовий склад лишайників у м. Івано-Франківськ.

Дослідницькі завдання: проаналізувати вплив полютантів на фізіологію, морфологію, покриття лишайників; порівняти кількість видів лишайників на досліджених ділянках; узагальнити данні про чутливість лишайників до дії факторів середовища; дослідити вплив оксиду сірки на проективне покриття та морфологію лишайників.

Об'єкт дослідження: біорізноманіття лишайників м. Івано-Франківська.

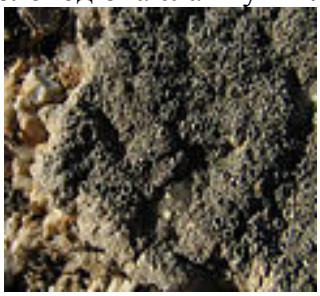
Предмет дослідження: методи ліхеноіндикації, використання лишайників як індикаторів забруднення довкілля.

Методи дослідження: метод визначення проективного покриття за допомогою рамки; метод аналізу морфологічних змін; статистична обробка результатів; картографічний метод.

Виклад основного матеріалу. Лишайники – особлива група комплексних організмів. Їх тіло складається з двох компонентов: гриба та водорості. Водорість у процессе фотосинтеза утворює органічні речовини, а гриб потребляє їх. Лишайники – симбіотичні організми: гриб забезпечує водорость водою та мінеральними речовинами, а водорость постачає гриб органічними речовинами.

Лишайники бувають різного кольору – від білого до яскраво-жовтого, коричневого, бузкового, помаранчевого, рожевого, зеленого, синього, сірого, чорного.

За особливостями зовнішньої будови тіла (слані) можна виділити три групи лишайників (рис. 1). Одні з них нагадують щільну кірочку, яка приростає до стовбурів дерев, каменів тощо. Це так звані накипні лишайники. Вони найневибагливіші та найпоширеніші представники лишайників (наприклад, роди Лецидея, Леканора), адже можуть мешкати там, де не виживають інші, наприклад на голих скелях. А слань таких лишайників, як пармелія чи ксанторія, нагадує листочки, які звуженою частиною кріпляться до субстрату. Це – листуваті лишайники. У кущистих лишайників – стеблоподібна слань у вигляді кущиків, гриви (довжиною до 50 сантиметрів) (рис. 1).



Накипні лишайники

Листуваті лишайники

Кущисті лишайники

Рис. 1. Групи лишайників

Рис. 2. Внутрішня будова лишайників

Досить цікава внутрішня будова лишайників (рис. 2). Якщо зробити зріз через його тіло, то під мікроскопом можна помітити, що щільно переплетені гіфи гриба утворюють верхню, а часто й нижню кірочку. Верхня кірочка може бути яскраво забарвлена в різні кольори завдяки пігментам, що містяться у гіфах.

Усередині лишайника гіфи переплетені не так щільно й утворюють його серцевину. Саме там розташовані клітини водорості або ціанобактерії. В одних лишайників ці клітини поширені більш-менш рівномірно по всій серцевині, в інших – зібрані в один шар (рис. 2).

В залежності від субстрата лишайники поділяються на екологічні групи: епіфітні (на корі дерев), епігейні (на грунті), епілітні (на камінні) (рис. 3).

Епіфітні лишайники

Епігейні лишайники

Епілітні лишайники

Рис. 3. Екологічні групи лишайників

Лишайники поширені по всій земній кулі та чутливі до забруднення атмосферного повітря речовинами, які збільшують кислотність середовища (SO_2, NO_2, HF, HCl), тоді як важкі метали і радіонукліди, що накопичуються на їх поверхні, для них практично нешкідливі.

Завдяки цій властивості, а також тому, що їх вибагливість до чистоти повітря зростає у ряду «накипні-листуваті-кущисті», лишайники часто використовуються для біоіндикації на різних рівнях: локальному, регіональному, глобальному.

Лишайники – ідеальний об'кт для контролю забруднення навколишнього середовища.

Переваги ліхеноіндикації:

- висока точність визначення;
- висока чутливість до забруднення;
- довгостроковий вплив низьких концентрацій забруднюючих речовин викликає у лишайників такі ушкодження, що не зникають аж до загибелі їхніх сланей;
- дуже повільне відновлення слані;
- економність досліджень.

Практичні дослідження. Дослідження проводились в м. Івано-Франківську у вересні-листопаді 2015 р. Карту міста було поділено на квадрати 2 000 Х 2 000 м (рис. 4).

Для досліджень вибрали три території:

1 зона – район Птахофабрики (с. Загвіздя), Дачні ділянки, вулиці Набережної ім. Стефаника, Довгої та прилеглі вулиці;

2 зона – мікрорайон БАМ, міській парк ім. Шевченка, вул. Чорновола та прилеглі вулиці;

3 зона – вулиці Вовчинецька, Івасюка та прилеглі вулиці.

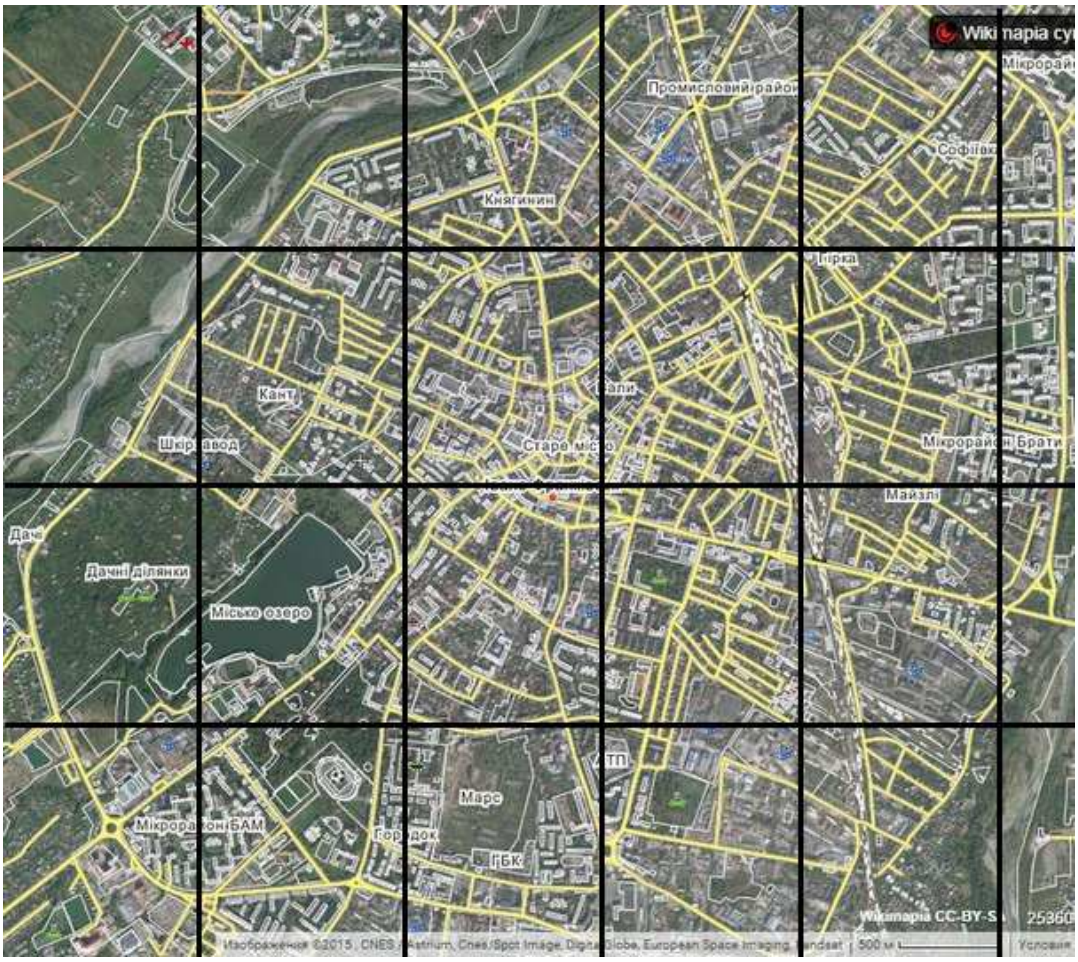


Рис. 4. Карта м. Івано-Франківськ

У кожному квадраті для досліджень обрали старі, але здорові дерева, що ростуть окремо. За допомогою GPS визначили координати дерев та занесли дані у базу даних (рис. 5). Було досліджено 213 дерев.

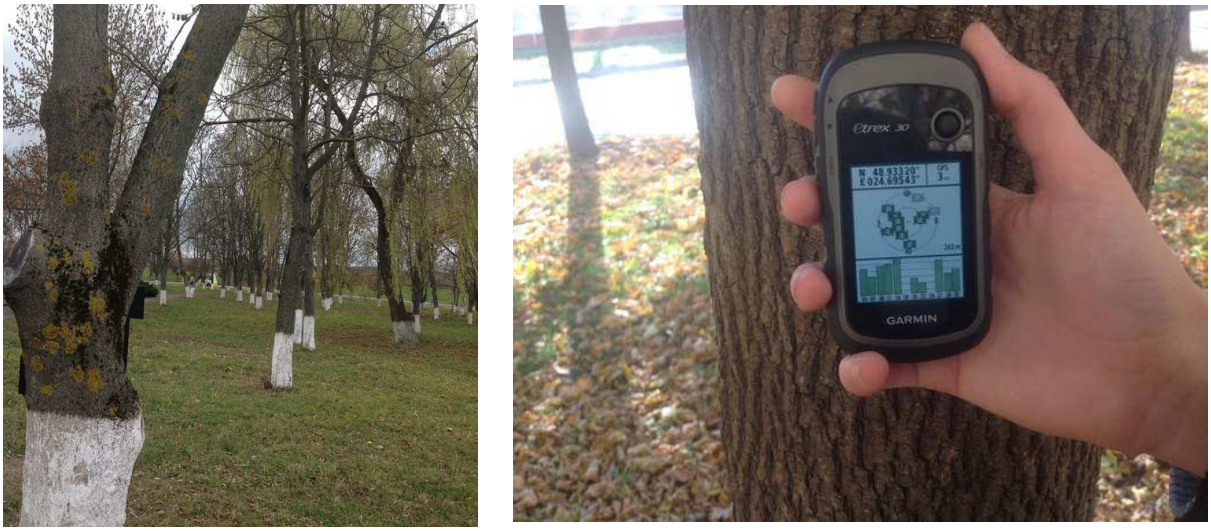


Рис. 5. Визначення координат за допомогою GPS

Під час досліджень встановили різни види лишайників, які були присутні на деревах (рис. 6):

НАКИПНІ

Калоплака (Caloplaca decipiens)

Ксанторія (Xanthoria)

Леканора разнообразная (Lecanora allophana)

Цетрарія

ЛИСТУВАТІ

Фісція (Fiscia aipolia)

Parmelia saxatilis

Флавопармелія (Flavoparmelia caperata)

Ксанторія стінна золотянка

КУЩИСТІ

Кладония альпийская

Usnea filipendula

Letharia vulpina

Кладония рогатая Cladonia cornuta

Рис. 6. Види лишайників на обстежених ділянках

Далі ми проводили оцінку ступеня покриття деревного стовбура лишайником. Для цього на висоті 30-150 см на найбільш зарослу лишайниками частину кори накладали рамку та підраховували, який відсоток загальної площі рамки займають лишайники(рис. 7).

Рис. 7. Визначення відсотка лишайників загальної площі рамки

Одержані результати занеслі у базу даних (табл. 1), де у відсотках вказано кількість різних видів лишайників на деревах.

Таблиця 1

База даних розповсюдження лишайників досліджуваної території

№№ ч/ч	N	E	Висота	Накипні, %	Листуваті, %	Кущисті, %	Загальна кількість лишайників, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	48,92945	24,69805	248	45	0	0	45
2	48,93	24,69884	257	95	0	0	95
3	48,92977	24,70012	247	0	1	75	76
4	48,92974	24,70282	248	15	0	0	15
5	48,92874	24,70567	250	65	25	0	90
6	48,92923	24,7099	251	0	0	80	80
7	48,92926	24,71022	250	30	5	50	85
8	48,92907	24,71077	257	25	0	35	60
9	48,92867	24,7116	254	35	30	30	95
10	48,92835	24,7117	251	0	0	55	55
11	48,92815	24,71138	256	0	1	45	46
12	48,92783	24,71057	253	0	0	37	37
13	48,92766	24,70986	250	17	0	0	17
14	48,92823	24,70986	252	20	2	68	90
15	48,92845	24,7098	250	42	0	46	88
16	48.92660	24,71575	263	35	0	40	75
17	48,92561	24,71604	280	0	1	58	59
18	48,92514	24,71454	252	13	0	0	13
19	48,92514	24,71405	254	37	0	28	65
20	48,92495	24,71407	255	65	2	37	104
21	48,9244	24,71455	252	87	0	0	87
22	48,92377	24,7121	260	0	0	9	9
23	48,92275	24,71099	259	13	8	0	21
24	48,92233	24,7107	260	75	7	4	86
25	48,92213	24,7106	256	37	0	0	37
26	48,92244	24,71003	258	0	5	0	5
27	48,92233	24,71039	256	1	0	0	1
28	48,92958	24,69521	251	0	0	36	36
29	48,93045	24,69278	249	30	15	0	45
30	48,93058	24,69232	240	31	9	0	40
31	48,93081	24,6915	241	0	0	74	74
32	48,93041	24,69101	242	3	0	0	3
33	48,9299	24,69053	241	4	0	0	4
34	48,92968	24,69128	245	20	14	0	34
35	48,92945	24,69205	239	9	0	0	9
36	48,9297	24,69229	239	0	6	8	14
37	48,93002	24,69255	237	48	0	0	48
38	48,93018	24,69209	242	76	4	0	80
39	48,93035	24,69184	239	28	22	0	50
40	48,93176	24,69222	240	0	0	15	15
41	48,93155	24,69193	241	3	0	0	3
42	48,93129	24,69164	237	2	0	0	2
43	48,93065	24,69079	244	5	0	0	5
44	48,93019	24,69025	243	0	0	0	0
45	48,93325	24,69475	237	70	0	0	70
46	48,93295	24,69605	235	0	0	0	0
47	48,93277	24,6967	235	0	5	15	20
48	48,9326	24,6071	238	0	0	20	20
49	48,93333	24,6973	240	0	0	0	0
50	48,93347	24,69792	233	0	0	5	5
51	48,9295	24,70369	243	25	3	0	28
52	48,92684	24,70033	254	36	0	0	36
53	48,92779	24,70131	258	22	0	0	22
54	48,92508	24,69837	265	10	2	12	24
55	48,92616	24,69919	261	75	0	0	75
56	48,92473	24,69863	255	46	0	25	71
57	48,92426	24,70074	258	14	0	12	26
58	48,92357	24,70306	264	56	1	0	57
59	48,92263	24,70597	261	4	12	0	16
60	48,92313	24,70686	261	35	0	0	35
61	48,92493	24,7083	266	14	0	45	59
62	48,92606	24,71352	270	8	5	6	19
63	48,92695	24,71527	248	7	0	5	12

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
64	48,9257	24,71273	247	12	1	0	13
65	48,92702	24,71502	256	0	0	0	0
66	48,92624	24,71672	260	0	0	0	0
67	48,92691	24,71929	261	0	0	0	0
68	48,92789	24,72132	260	2	0	0	2
69	48,92859	24,7224	250	3	1	0	4
70	48,92869	24,72259	245	0	0	0	0
71	48,92919	24,72344	243	0	0	0	0
72	48,93071	24,72606	244	0	0	0	0
73	48,93127	24,72696	242	1	0	0	1
74	48,93308	24,73005	237	0	1	0	1
75	48,93404	24,73183	229	0	0	14	14
76	48,93521	24,73369	229	0	0	2	2
77	48,93596	24,73496	242	14	0	0	14
78	48,93627	24,73531	240	0	0	0	0
79	48,92521	24,71634	256	7	2	0	9
80	48,93956	24,73919	256	2	0	0	2
81	48,94231	24,74215	256	14	0	0	14
82	48,94235	24,74275	257	25	1	2	28
83	48,94176	24,7439	257	45	12	10	67
84	48,94198	24,74343	258	36	0	2	38
85	48,94147	24,74447	259	25	1	0	26
86	48,94097	24,74551	261	12	2	10	24
87	48,94081	24,74,587	262	10	0	0	10
88	48,94051	24,74646	263	8	0	5	13
89	48,94003	24,74741	256	24	2	0	26
90	48,93971	24,74808	254	0	0	0	0
91	48,93891	24,7497	255	14	1	6	21
92	48,93918	24,74918	253	20	0	0	20
93	48,93855	24,75039	245	16	0	0	16
94	48,93815	24,75109	241	8	0	4	12
95	28,9376	24,75252	242	10	1	0	11
96	48,93738	27,753	244	5	0	2	7
97	48,93742	24,75318	236	0	0	0	0
98	48,92329	24,72179	256	14	2	0	16
99	48,92216	24,72096	257	20	0	5	25
100	48,92107	24,72002	257	16	0	0	16
101	48,92051	24,71955	258	10	1	0	11
102	48,91881	24,71823	259	8	1	2	11
103	48,91885	24,71702	264	0	0	0	0
104	48,91898	24,71615	267	5	0	0	5
105	48,91908	24,7154	266	4	1	0	5
106	48,91873	24,7124	265	3	0	0	3
107	48,91872	24,71074	270	12	1	1	14
108	48,91958	24,70785	285	2	0	0	2
109	48,9199	24,70714	266	6	1	0	7
110	48,92063	24,70498	273	14	0	2	16
111	48,91982	24,70334	271	1	0	0	1
112	48,9186	24,7021	270	0	0	0	0
113	48,91665	24,69955	257	0	1	0	1
114	48,91571	24,69843	265	2	0	0	2
115	48,91466	24,69752	260	2	1	1	4
116	48,91245	24,69433	262	0	0	0	0
117	48,91185	24,69268	261	14	0	2	16
118	48,9109	24,69079	264	22	0	0	22
119	48,90944	24,68809	268	15	1	5	21
120	48,90788	24,68548	267	0	0	0	0
121	48,90709	24,68331	265	2	0	0	2
122	48,90637	24,68172	267	1	0	0	1
123	48,90586	24,68065	266	0	1	0	1
124	48,90547	24,68113	265	1	0	0	1
125	48,90336	24,6846	266	0	0	0	0
126	48,90305	24,68569	264	0	0	0	0
127	48,90298	24,6883	260	10	0	0	10
128	48,90309	24,69033	263	5	0	0	5
129	48,90333	24,69447	265	12	0	0	12
130	48,90344	24,69665	266	0	0	0	0
131	48,90399	24,69762	267	4	0	0	4
132	48,90525	24,69826	272	3	0	0	3
133	48,90718	24,6986	267	5	1	0	6
134	48,90809	24,6987	270	5	0	0	5

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
135	48,90949	24,69893	271	24	2	12	38
136	48,91005	24,69882	273	36	2	14	52
137	48,91069	24,69895	273	12	0	0	12
138	48,91188	24,6996	273	0	0	0	0
139	48,91366	24,70088	280	6	0	0	6
140	48,91447	24,70224	278	0	0	0	0
141	48,91495	24,7035	272	2	0	0	2
142	48,91561	24,70452	279	8	0	0	8
143	48,91632	24,70543	291	0	0	0	0
144	48,91761	24,70632	282	2	0	0	2
145	48,91277	24,69574	260	40	15	10	65
146	48,9124	24,69451	262	25	10	10	45
147	48,91174	24,69318	263	30	20	10	60
148	48,91119	24,69196	264	36	14	12	62
149	48,9103	24,69053	266	28	10	8	46
150	48,90864	24,69131	264	45	35	10	90
151	48,90996	24,69322	260	50	25	15	90
152	48,91159	24,69545	258	35	25	25	85
153	48,91232	24,69652	257	32	20	35	87
154	48,9113	24,69738	255	65	10	8	83
155	48,91095	24,69699	256	55	25	20	100
156	48,91112	24,6957	259	60	15	20	95
157	48,91009	24,69618	261	70	15	15	100
158	48,90894	24,69699	265	45	10	10	65
159	48,90995	24,69796	267	35	15	14	64
160	48,91085	24,69871	270	24	11	10	45
161	48,93792	24,73953	269	23	10	8	41
162	48,93566	24,74244	267	35	8	15	58
163	48,93095	24,74278	267	46	7	18	71
164	48,92712	24,74923	268	24	5	25	54
165	48,92638	24,73679	268	15	0	30	45
166	48,92285	24,74306	266	18	0	26	44
167	48,92174	24,7452	265	25	0	14	39
168	48,92297	24,75081	266	30	0	7	37
169	48,9193	24,74553	264	32	1	0	33
170	48,91692	24,72399	265	24	2	5	31
171	48,90687	24,71396	267	28	2	0	30
172	48,90237	24,70991	270	14	2	0	16
173	48,90333	24,70081	271	20	1	0	21
174	48,92264	24,68897	269	0	1	1	2
175	48,92852	24,69005	269	0	0	2	2
176	48,93497	24,70182	268	12	1	15	28
177	48,93142	24,70767	266	10	1	12	23
178	48,9268	24,68656	265	8	4	12	24
179	48,92618	24,68834	263	10	6	10	26
180	48,92545	24,69089	264	15	10	8	33
181	48,92438	24,69447	264	20	15	6	41
182	48,92542	24,68433	263	22	12	2	36
183	48,92406	24,68749	263	24	10	3	37
184	48,92282	24,68543	261	28	8	2	38
185	48,92189	24,69219	262	35	7	4	46
186	48,92276	24,68358	263	40	0	14	54
187	48,92175	24,68608	265	55	0	24	79
188	48,91963	24,68974	266	46	0	25	71
189	48,92449	24,70031	264	34	0	23	57
190	48,92449	24,69717	265	25	1	18	44
191	48,92613	24,69764	263	18	1	15	34
192	48,92893	24,6908	266	14	2	0	16
193	48,92864	24,69196	269	10	21	0	31
194	48,92783	24,69455	271	8	12	1	21
195	48,936	24,70374	270	5	10	2	17
196	48,93507	24,70608	271	10	7	0	17
197	48,93261	24,70737	268	12	2	0	14
198	48,93725	24,7074	268	17	2	2	21
199	48,93934	24,71175	267	23	3	1	27
200	48,94172	24,71614	265	27	3	5	35
201	48,93668	24,71916	265	32	4	2	38
202	48,93399	24,7158	267	34	5	1	40
203	48,93193	24,72067	264	38	6	2	46
204	48,94384	24,72524	265	45	2	2	49
205	48,94027	24,72252	68	50	2	2	54

Закінченняння таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
206	48,93713	24,72209	265	56	4	2	62
207	48,93815	24,72803	264	60	4	6	70
208	48,9414	24,7329	266	48	0	10	58
209	48,93722	24,73126	268	35	0	15	50
210	48,93385	24,72755	269	2	1	12	15
211	48,93148	24,72493	270	14	1	12	27
212	48,93628	24,73879	268	8	1	10	19
213	48,93329	24,73492	268	10	0	8	18

Проектне покриття (%) за видами лишайників представлено на графіку (рис. 8):

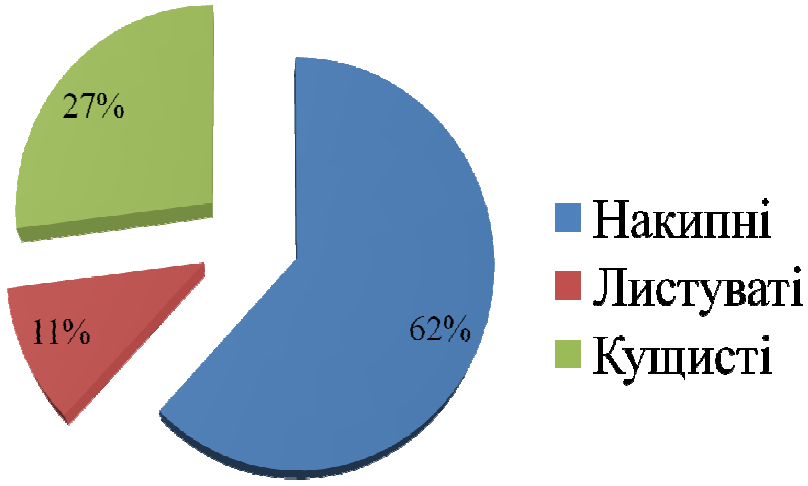


Рис. 8. Проектне покриття (%) за видами лишайників

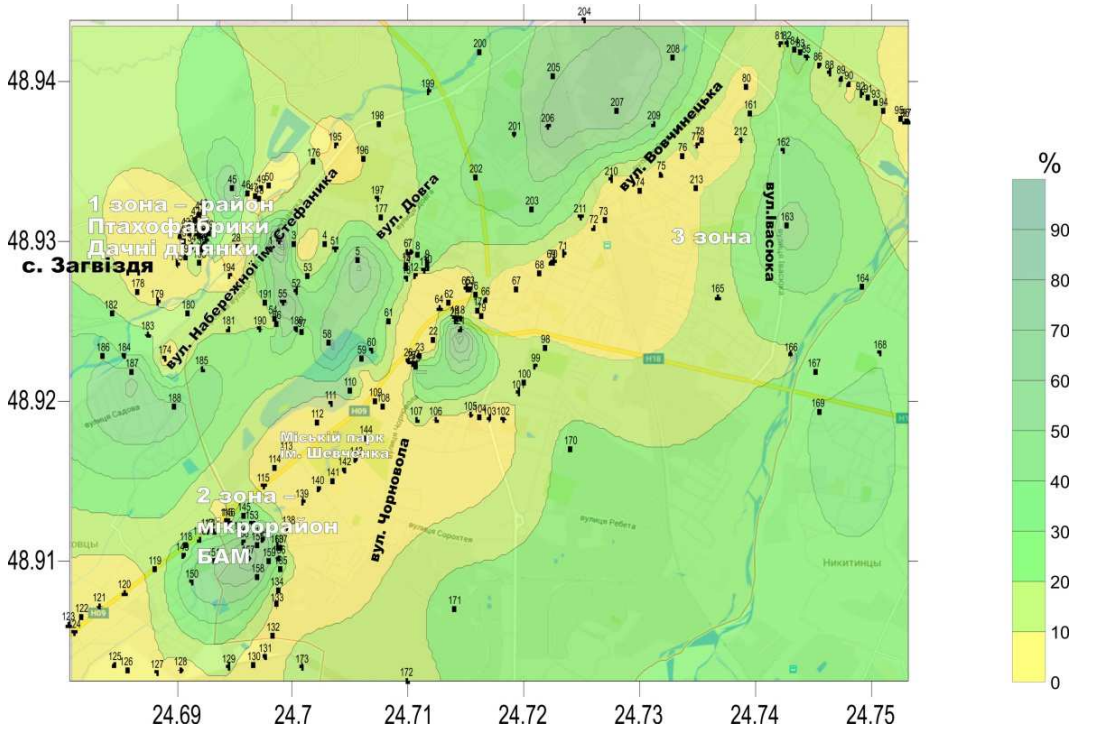
Наступним етапом було розробка картографічного матеріалу за допомогою програмного забезпечення Golden Software Surfer (рис. 9-12), виконаного завдяки консультаціям Д. О. Зоріна, якому автори щиро вдячні.

На рисунку 9 представлено карту поширення накипних лишайників, на рис. 10 – поширення листуватих лишайників, на рис. 11 – поширення кущистих лишайників, на рис. 12 – загальну карту поширення лишайників.

Результати досліджень. Проаналізувавши карти (рис. 9-12), можемо зробити висновок про ступень забруднення атмосферного повітря. Результати досліджень показані у таблиці 2.

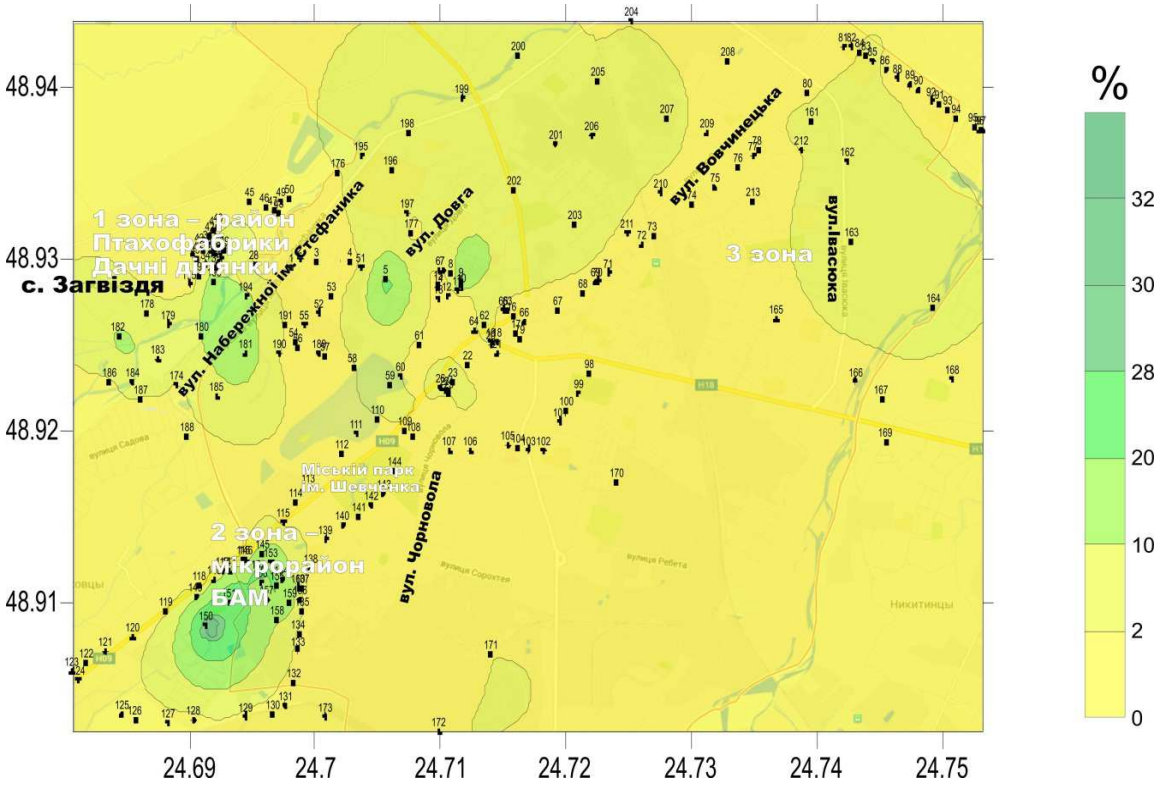
У нашому місті є проблема забруднення повітря. Спричинена вона зростаючою кількістю автотранспорту. Можна із впевненістю сказати, що ця проблема стосується кожного мешканця міста.

Автомобільні викиди безпосередньо впливають на наявність та розміри лишайників у місті. Через збільшення кількості автотранспорту збільшується кількість викидів шкідливих газів у повітря. Забруднення відображається на популяції лишайників у вигляді зменшення їх розмірів, кількості, висоти проростання, зникнення кущистих форм і зменшення листових форм. Наявність паркових та лісопаркових зон суттєво впливають на екологічну обстановку. Там, де вулиця примикає до густо посаджених дерев, зона лишайникової пустелі практично відсутня. Це характерно для паркової території (2 зона). А от продовж усієї вул. Набережної та район Птахофабрики (с.Загвіздя) лишайникова пустеля існує і має чималі розміри.



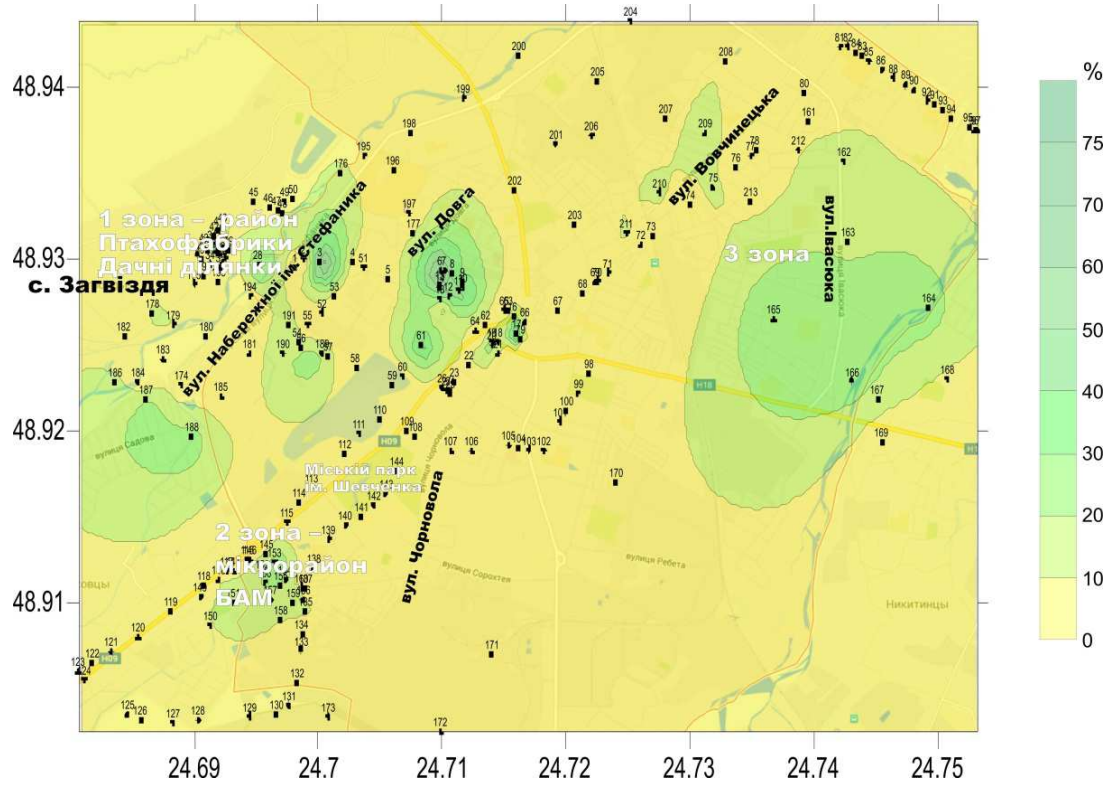
Масштаб 1 : 500 000 – 1 : 800 000

Рис. 9. Карта поширення накипних лишайників



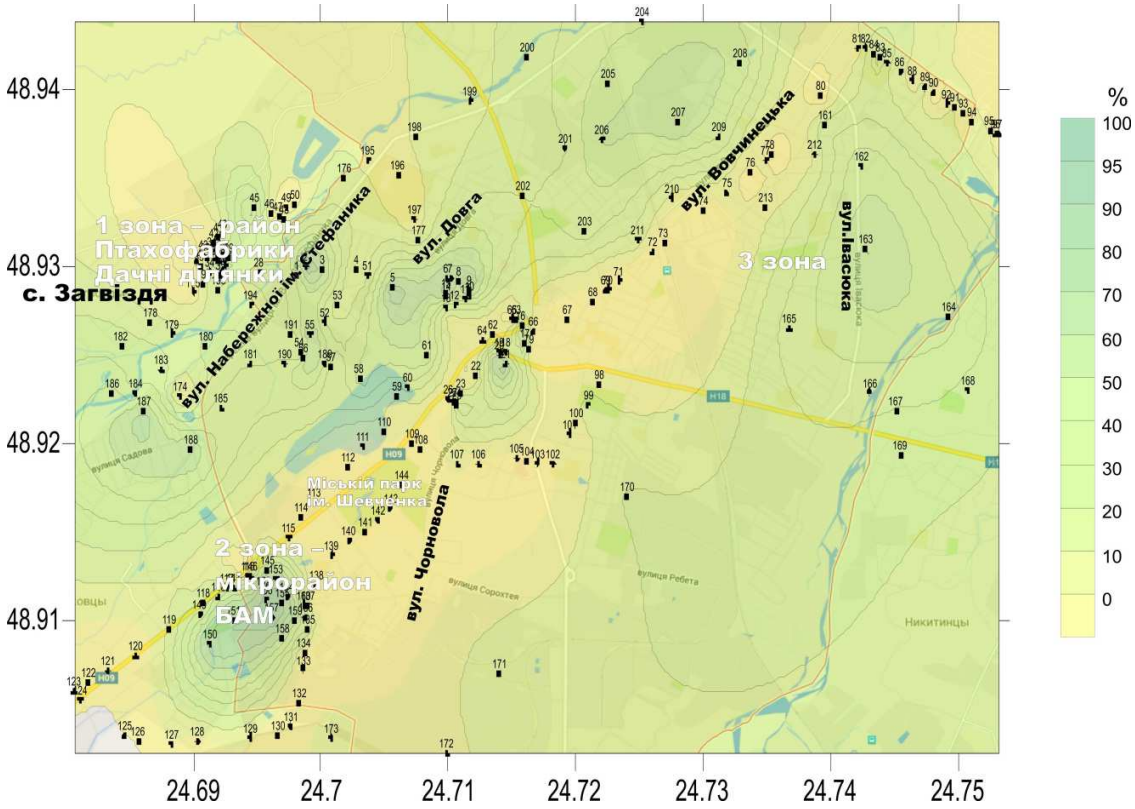
Масштаб 1 : 500 000 – 1 : 800 000

Рис. 10. Карта поширення листуватих лишайників



Масштаб 1 : 500 000 – 1 : 800 000

Рис. 11. Карта поширення кущистих лишайників



Масштаб 1 : 500 000 – 1 : 800 000

Рис. 12. Загальна карта поширення лишайників

Таблиця 2

Результати досліджень

Зона	**Назва району**	Наявність (+) або відсутність (—) лишайників			**Ступень забруднення повітря**
		Кущистих	**Листуватих**	**Накипних**	
1 зона	район Птахофабрики (с.Загвіздя)	—	—	—	**Сильне забруднення «лишайникова пустеля»** оксид сірки в повітрі перевищує 0,3 мг/м^3
	вул. Набережної ім. Стефаника	—	—	+ калоплака, цетрарія	**Середнє забруднення** Кількість SO_2 коливається між 0,05-0,2 мг/м^3
	вул. Довга	—	—	+ ксанторія, леканора	**Середнє забруднення** Кількість SO_2 коливається між 0,05-0,2 мг/м^3
	дачні ділянки	+ кладонія	+ фісція, паргелія	+ калоплака, ксанторія, леканора	**Забруднення немає**
2 зона	мікрорайон БАМ	—	+ фісція, паргелія	+ калоплака, цетрарія	**Слабке забруднення** Повітря доволі чисте – SO_2 менше 0,05 мг/ м^3
	міській парк ім. Шевченка,	+ кладонія, летхарія	+ фісція, паргелія, лавопармелія	+ ксанторія, леканора, калоплака, цетрарія	**Забруднення немає**
	вул. Чорновола та прилеглі вулиці	—	—	+ ксанторія, леканора,	**Середнє забруднення** Кількість SO_2 коливається між 0,05-0,2 мг/м^3
3 зона	вул. Вовчинецька та прилеглі вулиці	—	—	—	**Сильне забруднення «лишайникова пустеля»** оксид сірки в повітрі перевищує 0,3 мг/м^3
	вул. Івасюка та прилеглі вулиці	—	—	+ ксанторія, леканора,	**Середнє забруднення** Кількість SO_2 коливається між 0,05-0,2 мг/м^3

Вирішення проблеми полягає в зменшенні шкідливих викидів автомобілями. Досягти цього можна:

- встановленням на двигуни каталізаторів для нейтралізації чадного газу;
- заміною пального, яке зараз використовується, на газову суміш;
- впровадженням енергозберігаючих технологій;
- зменшенням кількості авто;
- переходом на альтернативні види палива;
- збільшенням кількості зелених насаджень, парків, лісосмуг як у місті так і навколо нього;
- заборона вирубки дерев у місті та навколо;
- заборона заїзду вантажівок у центральну частину міста.

Висновки. Можливості впливу людини на природу постійно ростуть і вже досягли такого рівня, коли людина може зруйнувати планету, знищити все живе, повністю змінити кліматичні умови. Повітряна оболонка Землі є однією з найголовніших умов життя. Без їжі людина може прожити місяць, без води – тиждень, а без повітря не може прожити і кількох хвилин.

Атмосфера має велике екологічне значення, тому ми проведи дослідження стану атмосферного повітря в м. Івано-Франківську методом ліхеноіндикації, який є перспективним методом біоіндикації повітряного середовища, що здійснюється за допомогою лишайників.

1. Лишайники в урбанізованому середовищі – ефективні індикатори на присутність різних видів забруднюючих речовин.
2. Проаналізовано вплив полютантів на фізіологію, морфологію, покриття лишайників.
3. Досліджено вплив оксиду сірки на проективне покриття та морфологію лишайників.
4. Проаналізовано, що існує пряма залежність чисельності видового складу лишайників від забруднення атмосфери. Чим ближче до джерела забруднення, тим слань лишайників стає товщою, компактною, твердою та зморшкуватою.
5. Досліджено, що найбільш стійкими до забруднення повітря SO_2 є накипні форми лишайників, які у нашому випадку присутні у всіх зонах дослідження.
6. Ближче до об'їздної дороги та птахофабрики спостерігається тенденція до збільшення загазованості та запиленості атмосферного повітря. Головні причини погіршення екологічного стану повітря у місті – збільшення кількості машин на міських та приміських маршрутах.
7. Для поліпшення екологічної обстановки в центральній частині міста потрібен негайний перехід автотранспорту на менш шкідливі види палива (газ, біосинтетичне паливо та ін.).

Вирішити проблему зменшення забруднення атмосферного повітря можна тільки у тісній співпраці громадських організацій та державних закладів, а у планетарному обсязі – лише на основі міжнародного співробітництва та спільних зусиль всіх країн.

Література

1. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под. ред. Р. Шуберта. – перевод с нем. – М.: Мир, 1988. – 348 с.

2. Зеленко С.Д. Ліхеноіндикаційна оцінка забрудненості повітря м. Чернігова / С.Д. Зеленко // Укр. ботан. журн. – 1999. – 56, № 1. – С. 64-67.

3. Кондратюк С.Я. Ліхеноіндикація забруднення повітря у м. Львові / С.Я. Кондратюк, В.О. Кучерявий, В.О. Крамарець та ін. // Укр. ботан. журн. – 1991. – 48, № 2. – С. 72 – 76.

4. Кондратюк С.Я. Порівняльне ліхеноіндикаціїне картування міст України / С.Я. Кондратюк, В.О. Кучерявий, В.О. Крамарець // Укр. ботан. журн. – 1993. – 50, № 4. – С. 74-83.

5. Некрасенко Л.А. Аналіз ліхеноіндикаційного картування м.Кременчука / Л.А.Некрасенко, О.М. Байрак // Укр. ботан. журн. – 2002. – 60, № 3. – С. 278-285.

6. Трасс Х.Х. Биоиндикация состояния атмосферной среды городов / Х.Х. Трасс // Экологические аспекты городских систем / Отв. ред. Л.М. Сущеня. – Минск: Навука і техніка, 1984. – С. 96-109.

7. Ambient air quality in Turku, Raisio, Naantali and Kaarina in 1998 – 2002 / Ed. By T.Hartman. – Raisio: Newprint Oy, 2004. – 16 p.

8. Asta J., Erhardt W., Ferretti M. et al. European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress // http://www.thebls.org.uk/eumap.pdf, 2002. – 20 p.

9. Kondratyuk S.Ya. Lichen indication mapping of air pollution in Ukraine // Укр.ботан. журн. – 1994. – 51, № 2/3. – С. 148-152.

10. Kondratyuk S.Ya., Popova L.P., Lackovičová A., Pišút I. A catalogue of Eastern Carpathian Lichens. – Kiev-Bratislava: M.H. Kholodny Institute of Botany, 2003. – 264 p.

11. Yule F.A., Lloyd O.Ll. An index of atmospheric pollution survey in Armadale, Central Scotland // Water, air and soil pollution. – 1984. – 22. – P. 27-45.

12. http://www.rusnauka.com/15_DNI_2008/Geographia/32440.doc.htm

13. http://www.ecoinst.org.ua/b7-2006/rs13.pdf

14. http://refdb.ru/look/1745468.html

УДК 504 2

Купчик О. Ю.
Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка

ВИЗНАЧЕННЯ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ ВМІСТОМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПРОДУКТАХ РОСЛИННИЦТВА ТА ГРУНТІ ПРИ ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ

Вміст важких металів в продуктах рослинництва та грунті визначено методом інверсійної вольтамперометрії. Пробопідготовка зразків виконана окиснювальною мінералізацією в нітратній кислоті. Встановлено, що рослинна продукція придатна до вживання в їжу, окрім червоної смородини, в якій перевищено вміст кадмію. Можна вважати, що основним постачальником важких металів є грунт.

Ключові слова: важкі метали (цинк, кадмій, свинець, мідь), овочі, фрукти, грунт, інверсійна вольтамперометрія.

Содержание тяжелых металлов в продуктах растениеводства и почве определено методом инверсионной вольтамперометрии. Пробоподготовка образцов выполнена окислительной минерализацией в нитратной кислоте. Установлено, что растительная продукция пригодна к употреблению в пищу, кроме красной смородины, в которой превышено содержание кадмия. Можно считать, что основным источником тяжелых металлов является почва.

Ключевые слова: тяжелые металлы (цинк, кадмій, свинец, медь), овощи, фрукты, почва, инверсионная вольтамперометрия.

The content of heavy metals in the soil and crop products defined by stripping voltammetry. Sample preparation of samples is made by oxidationmineralization in nitric acid. Established that plant products suitable to use in food, except red currant, which exceeded the content of cadmium. It can be assume that the main supplier of heavy metals is the ground.

Keywords: heavy metals (zinc, cadmium, lead, copper), vegetables, fruits, ground, stripping voltammetry.

Вступ. Інтенсивний розвиток різних галузей промислового виробництва, засобів пересування призводить до значного забруднення середовища хімічними речовинами. Найбільшу небезпеку в якості джерел забруднення являють важкі метали. Кумулятивний характер накопичення важких металів призводить до того, що з кожним роком зростає їх вплив на навколишнє середовище [13].

Забруднення важкими металами атмосфери, води, грунту є дуже серйозною проблемою, тому що більшість культурних ландшафтів потрапляють під їхній вплив, що в свою чергу відбивається як на продуктивності сільськогосподарських культур, так і на якості продуктів. Джерелом потрапляння важких металів у грунт можуть бути атмосферні опади, які можуть містити свинець, кадмій, арсен, ртуть, хром, нікель, цинк та інші елементи. Найбільшим джерелом важких металів є промисловість. Важкі метали потрапляють в атмосферу у вигляді аерозолей, пилу, розчинів у стічних водах і з сміттям. Важкі метали в мінеральних добривах є природними домішками, які містяться в агрогрунтах [3].

На думку багатьох вчених, саме рослини є основною ланкою екологічного ланцюга, що зв'язує всі об'єкти біосфери. Поглинання рослинами різного роду токсичних елементів, у тому числі важких металів є найнебезпечнішим. Вживання рослин, зібраних на забруднених територіях, може загрожувати здоров'ю населення, негативно впливаючи

© Купчик О. Ю., 2016

на роботу внутрішніх органів і фізіологічні процеси, що протікають в них. З рослинної сировини важкі метали переходять в їжу, а потім надходять в організм людини.

Серед сільськогосподарських культур посиленого моніторингу якості та безпеки заслуговує овочева продукція, яку споживають у вигляді як надземної маси, так і коренеплодів з різною ймовірністю накопичення забруднювачів. Незважаючи на те, що ці культури не належать до основних продуктів харчування, їх виробництво сезонне, а споживання не вимагає технологічної обробки, з одного боку, а з іншого - високий вміст біологічно активних речовин, необхідних організму, диктують певні вимоги щодо їх виробництва на всіх етапах технологічного ланцюга, починаючи від селекції та районування нових сортів і закінчуючи дотриманням правил технологічної дисципліни. Теж стосується і фруктів.

При низькій калорійності овочі та фрукти містять велику кількість вітамінів, мінеральних речовин, ферментів, фітонцидів та інших важливих сполук для підтримки і збереження здоров'я людей. Однак така продукція через накопичення в ній залишків пестицидів, солей важких металів і надмірної кількості нітратів може бути небезпечною [3].

Тому, доцільно зосередити увагу на проблемі оцінки накопичення важких металів в овочах і фруктах, що викликає необхідність вивчення їх в системі грунт-рослина.

Регулярне споживання продуктів з високим вмістом важких металів неминуче призводить до порушення роботи багатьох систем організму (серцево-судинної, травної та ін.). Але для більшості важких металів не існує «специфічних» ознак отруєння і ураження організму, що ускладнює виявлення причин недуги, а отже, і лікування. Основними джерелами цинку є м'ясо, птиця, тверді сири, а також зернобобові та крупи. Овочі та фрукти, хоча і не відносяться до основних його джерел, але також можуть поповнювати і балансувати раціон. Більшість овочів містять його в межах 0,1 ... 0,5 мг / 100 г. Підвищена кількість відзначена в зеленому горошку (1,5 мг / 100 г), петрушці і картоплі (0,9), часнику і моркві (0,6 мг / 100 г). Трохи менше його в суниці, агрусі, малині. У незначній кількості він міститься в баклажанах, кавуні, перці червоному, хроні, шпинаті, абрикосі, сливі, журавлині, черешні. Збільшити кількість цього елемента можна шляхом застосування хелатних мікродобрив. Засвоєння організмом цинку вимагає дотримування певного співвідношення з міддю: високе співвідношення цинку до міді (40:1) призводить до значного підвищення вмісту холестерину в крові. Мідь накопичується в печінці, мозку, серці та нирках. Біологічна роль міді пов'язана з роботою 25 білків і ферментів. Найбільша кількість природної міді містить порошок какао - до 4,55 мг / 100 г. Простий відвар вівса і вівсянка так само не менш багаті на мідь - 0,50 мг. В овочах органічної міді порівняно мало, особливо вирощених на торф'яних ґрунтах. Підвищена кількість може спостерігатися в овочах після обробки мідьвмісними фунгіцидами. Однак ця неорганічна мідь не зовсім корисна. У баклажанах, картоплі, помідорах, хроні і салаті міді порівняно багато - 0,12 ... 0,14, а іноді вміст може збільшуватися до 0,30 мг/100 г. В інших овочах вміст природньої міді коливається в межах 0,05 ... 0,10 мг / 100 г [3, 11]. Високим вмістом міді відрізняються соки: томатний, абрикосовий і морквяний.

Свинець - дуже небезпечний нейротоксичний хімічний елемент. Роль свинцю в життєдіяльності організму вивчена недостатньо. Відомо, що свинець бере участь в обмінних процесах кісткової тканини. З іншого боку, свинець є канцерогеном і тератогеном для організму. У чоловіків утримування свинцю в організмі вище, ніж у жінок. Свинець - потужний токсин, часто пов'язаний з розвітком багатьох поведінкових проблем, включаючи агресію, дефіцит уваги та інші девіантні форми поведінки. Основним шляхом надходження в організм свинцю є шлунково-кишковий тракт і атмосферне повітря [11]. Зараз практично всі продукти харчування забруднені свинцем. З їжею людина щодня споживає приблизно 150 ... 180 мкг свинцю. Він накопичується в усіх органах овочевих рослин, але найбільш в листках. Для профілактики свинцевих забруднень необхідні дієти з підвищеною кількістю білка і невеликим - жирів, які сприяють його накопиченню в нирках, печінці, мозку і кістках. Дуже важливе значення

має споживання овочевої продукції з великою кількістю пектинів - кавунів, гарбузів, помідорів, фізалісу, буряка столового.

Кадмій відноситься до токсичних елементів, є одним з полютантів навколишнього середовища. Найбільше надходження кадмію в атмосферу пов'язано з діяльністю промислових підприємств і спалюванням різноманітних відходів. Основними шляхами надходження кадмію в організм людини є пероральний, інгаляційний і через шкіру. Основним критичним органом, що характеризує інтенсивність кадмієвого навантаження на організм, є нирки. Відомо, що кадмій, аналогічно міді та цинку, знижує адреноліновую гіперглікемію, але сам по собі не впливає на вміст цукру в крові, впливає на вуглеводний обмін. З віком вміст кадмію в організмі збільшується, особливо у чоловіків [9].

З мінеральними добривами, водою для поливу і фосфогипсом в організм людини надходить також арсен і нікель. Особливо небезпечні погано очищені фосфорні добрива, які імпортуються з-за кордону. Для овочівництва необхідно використовувати нові форми легкорозчинних мінеральних добрив. Особливо цінні вони при крапельному зрошенні для фертіфертігації (внесення добрив з поливальної водою).

Мета роботи - оцінити вміст важких металів у овочах і фруктах, вирощених на території, суміжній з діяльністю міської теплоелектроцентралі, а також у грунті, на якому вони зрощуються та встановити кореляцію між ними.

Результати дослідження. Найбільш великим стаціонарним забруднювачем атмосферного повітря в місті залишається комунальне експлуатаційне підприємство «Чернігівська ТЕЦ». За останні роки (2010-2014) спостерігається збільшення обсягів викидів за рахунок збільшення використання твердого палива. Підприємством в атмосферне повітря викидається за рік 2,6 тис. тонн сполук азоту, діоксиду сірки 1,373 тис. тонн, оксиду вуглецю 0,2 тис. тонн, речовин у вигляді твердих частинок 4,401 тис. тонн [2].

При виборі орієнтації напрямку маршрутного пробовідбору враховували кліматичні характеристики місцевості і типу джерела в залежності від масштабу впливу на територію (локальний, регіональний) та його виду. Для локальних джерел при виборі напрямку вектора маршруту пробовідбору необхідно враховувати приземну розу вітрів. Так, для джерел з висотою викидів від 100 до 200 м (труби ТЕЦ) відбір проб проводять у діапазоні від 0,2 км до (3-5) км [10]. У даному напрямку знаходиться сел. Жовінка і дачний масив, де і був проведений відбір овочів, фруктів і грунту.

Відбір проб овочевих і фруктових культур проводився відповідно до вимог [4]. Проби овочевих і фруктових культур відбиралися на досліджуваних ділянках точковими пробами по діагоналі, через рівні відстані, в трьох точках, масою близько 1 кг. Точкові проби збиралися на брезенті, з'єднувалися і виходила об'єднана проба, яка ділилася на три групи за величиною плода: великі, середні і дрібні. Від кожної групи відбиралося 20% овочів/фруктів, загальною масою 1 кг.

Відбір проб грунту проводився відповідно до вимог, зазначених в [1]. Розмір пробних майданчиків становив 10 * 10м. Грунт відбирався методом «конверта», зразки грунту зсипалися на поліетиленову плівку і ретельно перемішувалися, квартовалися 3 рази. Після квартування грунт розрівнювали, умовно ділили на шість квадратів, з центру яких відбирали приблизно однакову кількість грунту в полотняний мішечок, масою близько 1 кг. Потім грунт висушували до повітряно-сухого стану при кімнатній температурі. Очищали від різних включень і просіювали через сито з діаметром отворів 0,5 мм і з наважки отримували водну витяжку.

Мінералізацію рослинних проб та водної витяжки грунту проводили методом мокрого озолення. Для цього використовували програмовану піч ПДП - Lab. Наважку фруктів і овочів (1 г) змішували з 2,5 мл концентрованої нітратної кислоти в кварцовій склянці, потім нагрівали до температури 150-180 ^{o}C до розчинення проби і випаровували до 1/3 початкового об'єму. Потім додавали 2 мл концентрованої нітратної кислоти і 1 мл 30% -ного розчину пероксиду водню і випаровували насухо протягом 60-70 хв при температурі 150-350 ^{o}C. Пробу озолювали при температурі 450^{o}C протягом 30 хв.

Операцію додавання нітратної кислоти, пероксиду водню, випаровування і озолення повторювали три рази до отримання однорідної золи білого, жовтого або сірого кольору. Золу розчиняли в 1 мл мурашиної кислоти і розбавляли бідистилятом до 10 мл. У кварцову електрохімічну комірку додавали 10 мл дистильованої води, 0,2 мл мурашиної кислоти і аліквоту проби об'ємом 2 мл [8].

Вміст важких металів визначали на аналізаторі вольтамперометричному ТА-Lab (НПП «Томьаналіт», РФ) в трьохелектродній електрохімічній комірці. В якості індикаторного електрода використовували амальгамний електрод. В якості електрода порівняння і допоміжного електрода використовували хлорсрібний електрод, заповнений розчином 1М хлориду калію.

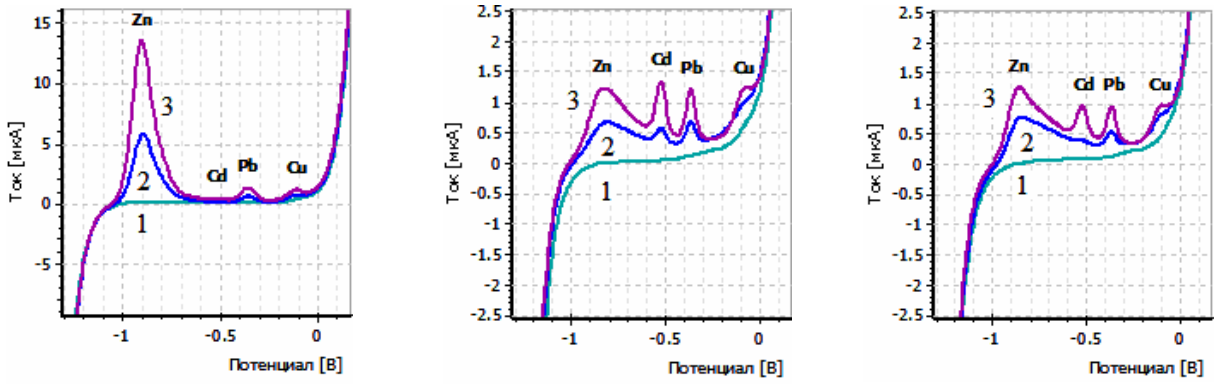
Аналіз овочів та фруктів проводили за стандартною методикою для продуктів, для грунту - за стандартною методикою для стічних вод, на фоновому електроліті, що містить 200 мкл концентрованої мурашиної кислоти (х.ч.), при наступних умовах: - електрохімічна очистка індикаторного електрода при потенціалі +0,050 В протягом 15 с, накопичення металів на поверхні індикаторного електрода при потенціалі -1,500 В протягом 30 с, заспокоєння розчину при потенціалі -1,300 В протягом 5 с, розгортка потенціалу зі швидкістю 80 мВ / с. відносна похибка такого аналізу не перевищує 7%.

Визначення металів проводили методом добавок з використанням стандартних розчинів, що містять по 1 мг / л або 10 мг / л кожного з визначених металів, які були приготовані на основі державних стандартних зразків (ДСЗ) і бідистилята. Розрахунок концентрації металів виконували за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми ТА-Lab (версія 3.6.10).

Пробу кожного зразка аналізували в трьох паралельних дослідах. Результати обробляли методом математичної статистики за відомою методикою; розраховували середнє значення та інтервальне значення з довірчою ймовірністю 95%.

Об'єктами дослідження були обрані найбільш поширені харчові продукти рослинного походження: овочі (цибуля, часник, перець, буряк, морква, огірок, картопля, помідор, капуста) та фрукти (яблуко, груша, малина, чорна і червона смородина, йошта, брусниця, виноград). Для оцінки масштабу забруднення грунту ми визначали розчинні форми важких металів, тобто найбільш доступні для живих організмів, оскільки вони практично миттєво включаються в обмінні процеси живих організмів.

На рисунку 1 представлені типові приклади вольтамперних кривих фону (1), проби без додавання (2) і з добавкою (3) аналізованого металу, отримані для проб овочів, фруктів і грунту.



а *б* *в*

Рис.1. Типові вольтамперограми на прикладі проб «*а*» -помідора, «*б*» - груші, «*в*» - грунта

З малюнка 1 видно, що на вольтамперних кривих розчину фону в інтервалі потенціалів від -1200 мВ до +100 мВ відсутні піки струму окиснення (крива 1). Це свідчить про чистоту фонового електроліту, а саме про відсутність у ньому цинку, кадмію,

свинцю і міді, оскільки в умовах реєстрації вольтамперної кривої можливо анодне розчинення раніше сконцентрованих на індикаторному електроді тільки цих металів. На вольтамперній кривій проб овочів, фруктів та грунту (крива 2) є чотири максимуми струму - при потенціалах -900, -550, -320 і -50 мВ, які відповідають процесам анодного окиснення цинку, кадмію, свинцю і міді відповідно. При введенні добавки стандартних розчинів цинку, кадмію, свинцю і міді, максимуми струму окиснення зростають пропорційно збільшенню концентрації цих металів (крива 3). Аналогічні вольтамперні криві зареєстровані для інших досліджуваних зразків овочів і фруктів.

У табл. 1 наведені розраховані концентрації важких металів в овочах, фруктах і грунті.

Аналізуючи значення, що представлені в таблиці 1, можна зробити наступні висновки:

- вміст цинку знаходиться в межах для овочів від 3,0 до 4,9 мг/кг, найменша кількість в жовтих помідорах і найбільша - в цибулі; для фруктів від 0,025 до 1,5 мг/кг, найменша у винограді і найбільша в малині;

- вміст кадмію знаходиться в межах для овочів від «не виявлено» до 0,18 мг/кг в огірку; для фруктів від 0,0022 мг/кг в яблуках до 0,1 мг/кг в червоній смородині, що відповідає 3,3 ГДК;

Таблиця 1

Вміст важких металів в овочевій та фруктовій продукції, та грунті

Об'єкт дослідження	Zn	Cd	Pb	Cu
Овочі				
огірок	4,2±1,0	0,018±0,005	0,26±0,09	0,20±0,05
морква	3,9±1,1	0,0061±0,0016	0,21±0,06	0,61±0,20
цибуля	4,9±1,4	0,0044±0,0014	0,30±0,09	0,75±0,24
помідор жовтий	3,0±0,8	-	0,28±0,08	0,70±0,22
бурак	4,7±1,3	0,0055±0,0015	0,28±0,08	0,38±0,12
перець болг. черв.	4,2±1,2	0,0087±0,0023	0,40±0,12	0,53±0,17
часник	4,2±1,2	0,012±0,003	0,32±0,09	1,00±0,30
капуста білокач.	4,0±1,1	0,0043±0,0012	0,32±0,10	0,23±0,07
картопля	3,7±1,0	0,0055±0,0015	0,32±0,10	0,48±0,15
ГДК [11]	*10,0*	*0,03*	*0,5*	*5,0*
Фрукти				
абрикос	0,36±0,10	0,015±0,004	0,39±0,12	0,0011±0,0004
малина	1,5±0,4	0,012±0,004	0,12±0,03	0,11±0,03
чорна смородина	0,22±0,07*	0,027±0,009	0,14±0,05	-
червона смородина	1,3±0,4	0,100±0,032	0,16±0,05	0,29±0,09
йошта	0,60±0,17*	0,021±0,006	0,12±0,04	0,68±0,22
брусниця	0,32±0,03*	0,0075±0,0020	0,34±0,12	0,68±0,22
виноград	0,025±0,008*	0,0049±0,0013	0,28±0,08	0,11±0,04
груша	0,38±0,10*	0,0029±0,0008	0,22±0,06	0,057±0,022
яблуко	0,22±0,06*	0,0022±0,0006	0,20±0,06	0,087±0,033
ГДК [11]	*10,0*	*0,03*	*0,4*	*5,0*
Грунт				
грунт	2,56±0,06*	0,16±0,15	0,31±0,09	2,80±0,07
ГДК (для водорозчинних форм) [12]	*23*	*0,70*	*6,00*	*3,00*

* - *нижче межі виявлення*

- вміст свинцю знаходиться в межах для овочів від 0,21 мг/кг в моркві до 0,40 мг/кг в перці болгарському червоному; для фруктів від 0,12 мг/кг в малині і йошті до 0,39 мг/кг в абрикосі;

- вміст міді знаходиться в межах для овочів від 0,20 мг/кг в огірку до 1,0 мг/кг в часнику; для фруктів від 0,0011 мг/кг в абрикосі до 0,68 мг / кг в йошті і брусниці.

Таким чином, вміст важких металів переважає в овочах.

Порівняння середніх значень вмісту важких металів у грунті, овочах і фруктах (табл. 2) в графічному зображенні дає можливість визначити: які хімічні елементи залежать від основного джерела надходження хімічних елементів, які не залежать або є частково залежними [7].

Таблиця 2

Середній вміст хімічних елементів у грунті, овочах і фруктах

Хімічний елемент	Середній вміст хімічних елементів		
	грунт	овочі	фрукти
Zn	2,56	3,64	0,55
Cd	0,16	0,014	0,021
Pb	0,31	0,30	0,22
Cu	2,80	0,54	0,22

За розрахованими даними побудовані графіки залежності (рис. 2)

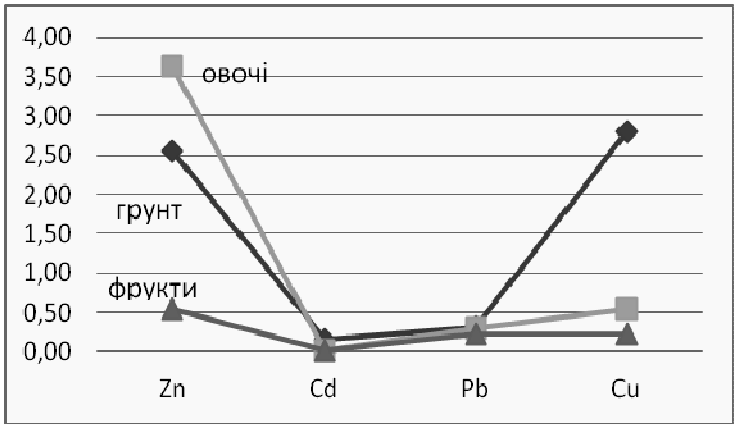


Рис.2. Особливість розподілу середніх значень вмісту хімічних елементів у грунті, овочах і фруктах

Проведені дослідження показали, що частково грунтозалежним є лише цинк (його більше в овочах ніж в грунті), а в фруктах він не виявляє залежності. Оскільки вміст кадмію, свинцю і міді в грунті завжди більший, ніж в овочах і фруктах, то вони є грунтозалежними.

Отже, вміст важких металів у досліджуваних об'єктах рослинного походження пояснюється умовами вирощування та використанням добрив.

Можна припустити, що підвищений вміст кадмію пов'язаний з тим, що накопичення відбувається в грунті з надходженням з повітря і перенесенням важких металів при спалюванні вугілля, більшою мірою для свинцю та кадмію.

У зв'язку з цим, необхідний постійний систематичний контроль за рівнем вмісту важких металів в об'єктах довкілля, з метою контролю та регулювання процесу накопичення міграції та акумуляції важких металів у харчових продуктах.

Висновки. Таким чином, вміст важких металів у грунті і вирощуваної на ньому овочевій та фруктовій продукції відповідає санітарно-гігієнічним нормам. Встановлено, що рослинна продукція придатна до вживання в їжу. Виняток становить червона смородина, в якій спостерігається перевищення ГДК по кадмію більш, ніж в 3 рази. Кадмій, свинець та мідь виявилися грунтозалежними елементами, в той час як цинк –

частково грунтозалежним. Однак, все-таки для зменшення доступності токсикантів рослинами, рекомендовано проводити вапнування грунту, вносити органічні добрива і т.ін.

Дані дослідження, з одного боку, можуть послужити науковою основою в плані розробки заходів контролю тільки найбільш поширених важких металів в об'єктах сільськогосподарського виробництва з метою скорочення витрат на визначення всіх токсикантів, і одночасно з цим бути практичною базою для оцінки і прогнозу можливості надходження важких металів у харчовий ланцюг.

Література

1. ГОСТ 12071-2014 Грунти. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200116021

2. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2014 рік. Під. ред. С.В. Гороновича. Чернігів: [б. в.], 2015. С 342.

3. Дубініна А. Визначення вмісту солей важких металів у різних ботанічних сортах часнику, вирощених у різних регіонах / А.А.Дубініна, І.Ф.Овчиннікова, Н.А. Чернова // Наук. Зап. Вінницького держ. Ун-ту. Сер. Географія. – 2009. – Вип. 19. – С. 311–315.

4. ДСТУ ISO 874-2002 (ISO 874:1980, IDT) Фрукти та овочі свіжі. Відбір проб. Чинний від 10.01.2003.

5. Колесникова Е.В. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов в пищевом сырье и продуктах питания Томской области: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: спец. 03.00.16 «Экология» / Колесникова Елена Владимировна; Томский гос. пед. ун-т – Новосибирск, 2002. – 177с.

6. МБТ 5061-89 Медико-биологические требования и санитарные нормы Качества продовольственного сырья и пищевых продуктов [Электронный ресурс]. – [Действующие с 1989-08-01]. – Режим доступа: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/v5061400-89

7. Некос А. Проблеми визначення фонового вмісту мікроелементів у овочах та фруктах географічних регіонів України / А.Н.Некос // Наук. Зап. Вінницького держ. Ун-ту. Сер. Географія. — Вип. 19. –2009.– С. 79–83.

8. Носкова Г.Н. Минерализация пищевых продуктов. Методическое пособие по подготовке проб для определения содержания токсичных элементов: практ. рук-во / Г.Н.Носкова, А.В.Заичко, Е.Е.Иванова. — Томск: ТПУ, 2010. — 30 с.

9. Оценка поступления микроэлементов в организм человека с продуктами питания в центральных регионах России / А.В.Горбунов, С.М.Ляпунов, С.Ф.Гундорина [и др.] // Экологическая химия. – 2006. – Т.15, № 1 – С. 47–59

10. Руководство по методам полевых и лабораторных исследований снежного покрова для изучения закономерностей длительного загрязнения местности в зоне действия антропогенных источников: метод. Пособие / В.В.Ковкин, О.В.Шуваева, С.В.Морозов, В.Ф.Ранута. – Новосибирск: Новосиб. гос.ун-т, [2012]. – 85 с.

11. Скальный Анатолий Викторович. Биоэлементы в медицине / А.В.Скальный, И.А.Рудаков – М.: Оникс XI век, Мир – 2004. – 272 с. – ISBN: 5-329-00930-8, 5-03-003645-8.

12. Трубачова Л. Определение содержания подвижных форм тяжелых металлов (кадмия, свинца и меди) в почвах методом инверсионной вольтамперометрии / Л.В.Трубачева, Н.В.Купцова // Вестник Удмуртского университета Физика. Химия. – Вып. 2. – 2008 – С. 112–118.

13. Янтурин С. Содержание тяжелых металлов в овощах, произрастающих в различных районах промышленного центра черной металлургии / С.И.Янтурин, О.Б.Прошкина // Фундаментальные исследования. Сер. Биологические науки. – 2012. – № 9. – С. 595–597.

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

УДК 504.064.4

Забишний Я. О., Семчук Я. М.,
Долішній Б. В., Мельник В. М.
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу

ПРО ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

З метою зниження величини забруднюючих викидів, шумового та теплового навантаження від автомобільного транспорту виникає необхідність у розробці оптимальних шляхів руху транспортних потоків дорогами міст. В статті пропонуються дослідження часу виконання прямого та віднесеного лівого повороту на ділянці дороги Київ-Одеса. За результатами дослідження видно, що час на виконання останнього у 5,5 разів менший у порівнянні з прямим лівим поворотом. Це дозволить значно збільшити пропускну здатність перехресть, зменшити затори, що в свою чергу знизить шкідливі викиди автотранспорту в атмосферу. Також, на підставі виконаних досліджень часових інтервалів здійснення лівого прямого та віднесеного поворотів є можливість визначити межі інтенсивності руху транспортних засобів на дорогах, де функціонування розв'язок в одному рівні з віднесеними лівими поворотами буде доцільним та науково обґрунтованим.

Ключові слова: дослідження, транспортний потік, автомобіль, перехрестя, поворот, час виконання, екологія, викиди, шкідливі речовини.

С целью снижения величины загрязняющих выбросов, шумовой и тепловой нагрузки от автомобильного транспорта возникает необходимость в разработке оптимальных путей движения транспортных потоков по дорогам городов. В статье предлагаются исследования времени выполнения прямого и отнесенного левого поворота на участке дороги Киев-Одесса. По результатам исследования видно, что время на выполнение последнего в 5,5 раза меньше по сравнению с прямым левым поворотом. Это позволит значительно увеличить пропускную способность перекрестков, уменьшить заторы, что в свою очередь снизит вредные выбросы автотранспорта в атмосферу. Также, на основании выполненных исследований временных интервалов осуществления левого прямого и отнесенного поворотов есть возможность определить границы интенсивности движения транспортных средств на дорогах, где функционирование развязок в одном уровне с отнесенными левыми поворотами будет целесообразным и научно обоснованным.

Ключевые слова: исследование, транспортный поток, автомобиль, перекресток, поворот, время выполнения, экология, выбросы, вредные вещества.

To reduce the quantity of pollutant emissions, noise and heat load from the road transport there is a need to develop the best ways traffic flow on the roads of the city. The article offers research runtime direct and classifying the left turn at the site of the road Kiev-Odessa. According to a study of the shows that the time to complete the last 5.5 times less compared to the direct left turn. This will greatly increase the capacity of junctions to reduce congestion, which in turn will reduce vehicle emissions to the atmosphere. Also, based on the investigations of the time slots left direct and classifying rotations have the opportunity to define the boundaries of vehicular traffic on the roads, where the operation of a decision in the same level with such left turns will be reasonable and scientifically sound.

Keywords: research, traffic, car, intersection, turn, run-time environment, emissions of harmful substances.

© Забишний Я. О., Семчук Я. М., Долішній Б. В., Мельник В. М., 2016

Актуальність проблеми. Автомобільний транспорт на сьогодні є основним пересувним джерелом викидів у довкілля. Особливо ці викиди небезпечні в густонаселених районах міст де вони безпосередньо наносять шкоду здоров'ю людей. А, отже, з метою зниження величини забруднюючих викидів, шумового та теплового навантаження від автомобільного транспорту виникає необхідність у розробці оптимальних шляхів руху транспортних потоків дорогами міст.

Своєчасне прийняття ефективних рішень щодо впорядкування руху транспортних потоків значною мірою залежить від якості проведення аналізу та своєчасності виконання заходів щодо покращення дорожньої ситуації на основі отриманої інформації.

Аналіз попередніх досліджень. В роботах Т.В. Бровмана, В.М. Денисова, А.Б. Дьякова, В.І. Сарбаєва та ін. представлено дані про негативний вплив автотранспорту на акустичне середовище в процесі його експлуатації, а також представлено існуючі методи дослідження взаємодії автотранспортних потоків на акустичне середовище.

Аналіз робіт П.І. Поспелова, В.В. Амбарцумяна, Л.В. Дунаєвського, О.О. Крузе, М.М. Болбаса показав, що автотранспортні потоки відіграють пріоритетну роль в шумовому забрудненню придорожнього середовища.

Наслідки негативного впливу автомобілізації почали досліджуватися з 60-х рр. XX століття, коли масштаби розвитку транспорту почали впливати на природне середовище віднесли процес зростання кількості автомобілів до ряду найбільш екологічно небезпечних явищ у діяльності людства. Визначенням дії автомобільного транспорту на людину й навколишнє середовище, шляхами вирішення цієї проблеми займалися такі вчені, як: І.Є. Євгеньєв, Б.Б. Карімов, Г.Л. Осіпов, Н.І. Іванов, Е.І. Павлова й інші. Проблему захисту населення від дорожнього шуму, вібрації та пилу розглядали у своїх роботах І.Є. Євгеньєв, Б.Б. Каримов, В.Ф. Бабій, Н.А. Бородіна, Н.І. Брень, В.М. Худова та інші [8].

Зменшення впливу автомобілів на природне середовище та людину можливе за рахунок досконального вивчення проблеми, дотримання екологічних принципів проектування автомобільних доріг, адже від правильності запроектованої автомобільної дороги, врахування екологічних факторів проектування залежить рівень дії транспорту на навколишнє середовище. Застосування новітніх матеріалів для спорудження автомобільних доріг.

Італійська фірма «Італ-Сементів» після десяти років наукових досліджень розробила дорожнє покриття, яке очищає повітря від автомобільних вихлопних газів. Це асфальтобетони з домішкою наночастинок двоокису титану. Під дією сонячних променів хімічно активна домішка перетворює незгорілі вуглеводні, чадний газ, оксиди азоту і сірки у воду, вуглекислий газ та тверді солі [16].

В ряді наукових праць [10-13, 17, 18] запропоновано перелік узагальнених заходів, що дозволяють знизити вплив транспорту на навколишнє середовище, а саме:

- вдосконалення нормативно-правової бази для забезпечення екологічної безпеки (сталого розвитку) промисловості та транспорту;
- створення екологічно безпечних конструкцій об'єктів транспорту, експлуатаційних, конструкційних, будівельних матеріалів, технологій виробництва;
- розробка ресурсозберігаючих технологій захисту навколишнього середовища від транспортних забруднень;
- розробка алгоритмів і технічних засобів моніторингу навколишнього середовища на транспортних об'єктах і прилягаючих до них територіях, методів управління транспортними потоками для збільшення пропускної здатності дорожньої та вулично-дорожньої мережі у великих містах;
- вдосконалення системи управління природоохоронною діяльністю на транспорті.

Крім прямого негативного впливу на людину викиди від автотранспорту наносять і непрямої шкоди. Так, підвищення концентрації кінцевого продукту горіння палива - диоксида вуглецю, призводить до глобального підвищення температури земної атмосфери [9].

Огляд і аналіз інформаційних джерел [6, 8, 10-13, 17, 18] з проблем екологізації автотранспортного комплексу дозволяє зробити наступні висновки:

- автомобільний транспорт є основним забруднювачем територій міст і міських агломерацій і, зокрема, окремих локальних територій;
- проблеми оцінки ступеня впливу транспорту на навколишнє середовище досліджені недостатньо, підходи, що існують, в основному унікальні за критерієм застосованості;
- не виявлено досліджень взаємодії автомобілів у транспортному потоці і пов'язаних із цим змін кількості викидів шкідливих речовин;
- недостатньо досліджена проблема застосування критеріїв мінімізації шкідливого впливу при оптимізації перевезень;
- існуюче методичне забезпечення для вибору оптимального маршруту руху засновано на мінімізації витрат у процесі перевезення вантажів та пасажирів, однак не представлена адекватна економічна оцінка ступеня забруднення навколишнього середовища при функціонуванні парку вантажних автомобілів та автобусів.

За довгий час існування проблеми автомобільних викидів і забруднення ними атмосферного повітря було розроблено безліч методів і способів, що дозволяють зменшити кількості відпрацьованих газів або понизити їх токсичність. В даний час розробляються і втілюються в життя заходи щодо зниження забруднення атмосфери викидами автомобільних двигунів, включаючи:

- удосконалення конструкцій двигунів і підвищення якостей виготовлення;
- пошук нових видів палива, використання різних присадок до нього;
- створення енергосилових установок для автомобілів, що викидають меншу кількість шкідливих речовин;
- розробка пристроїв, що знижують вміст шкідливих компонентів у відпрацьованих газах [1-4, 6].

Практика показала, що досягти рівня токсичності відпрацьованих газів, що вимагається законодавством розвинених країн, першими трьома способами не можна. Тому набула широке поширення нейтралізація відпрацьованих газів в системі випуску. В цьому випадку токсичні пари, що вийшли з циліндрів двигуна, нейтралізуються до викиду їх в атмосферу [1, 5].

Існує декілька способів нейтралізації відпрацьованих газів у випускній системі автомобіля:

- окислення відпрацьованих газів шляхом подачі до них додаткового повітря в термічних реакторах; не залежить від виду спалюваного палива, наявність присадок і дозволяє використовувати в двигунах етильований бензин, вони особливо ефективні на режимах багатої суміші при великих навантаженнях, не виходять з ладу з часом, проте не дають повного окислення CO і CH та не відновлюють NO_x, тому застосовуються як додаткові пристрої перед каталітичним нейтралізатором [1, 5].
- поглинання токсичних компонентів рідиною в рідинних нейтралізаторах; цей спосіб не набув широкого поширення через малу ефективність і необхідність частої заміни рідини [1, 5];
- використання каталітичних нейтралізаторів і фільтрів сажі у дизельних двигунах зараз найактуальніше [1, 3].

Сучасні комплексні системи очищення відпрацьованих газів для дизелів складаються з каталітичних і рідинних нейтралізаторів, а також фільтрів сажі [9, 14].

Фірми, що пропагують економічні легкові дизелі, за для екології значно ускладнюють конструкцію ДВЗ. Наприклад, пропонують встановлювати додаткові бачки з дорогими реактивами, що знижують кількість утворення сажі, яка нагромаджується у спеціальному нейтралізаторі сажі ("Пежо"). Окислити частинки, що нагромадилися в порах фільтру можна лише при достатньо високій температурі, якої відпрацьовані гази правильно побудованого дизеля не досягають [9].

У фільтрах нового покоління загальний принцип залишився колишнім: затримати і знищити, проте, щоб добитися потрібної для цього температури необхідно[9]:

- фільтр розмістили відразу за випускним колектором;
- через кожні 300-500 км пробігу контролеру необхідно вмикати режим багатофазного уприскування, збільшуючи подачу палива в циліндр;
- поверхня фільтруючого елементу покрита тонким шаром нового каталізатора, який додатково підвищує температуру відпрацьованих газів до необхідних 560-600°С.

Результати досліджень. Однак згадані вище системи очищення відпрацьованих газів бензинових та дизельних двигунів вкрай неефективно працюють у режимах руху міськими автошляхами, з швидкістю 30-40 км/год., частими зупинками на світлофорах та нерегульованих перехрестях. А тому, з метою покращення режиму руху автотранспорту для зменшення кількості викидів небезпечних речовин в довкілля виникає необхідність впорядкування схем руху транспортних потоків міст.

Існуюча мережа експлуатованих автомобільних доріг призначена виконувати певні функції. З одного боку на неї покладається здійснення безперервних у часі вантажних та пасажирських перевезень а з іншого боку, зумовлюється безпечна їх доставка до місця призначення по оптимальних шляхах.

На збільшення середньої швидкості руху, безпеку дорожнього руху значною мірою впливає зміна режимів руху, а тому під час проектування автомобільних доріг спостерігається тенденція до їх обладнання розв'язками на різних рівнях, тобто без здійснення перетину транспортних потоків.

Враховуючи, що розв'язки на різних рівнях є дорогими спорудами і не завжди економічно доцільними, тому часто постає завдання їх заміни інженерними спорудами з меншою вартістю. До таких інженерних споруд на дорогах першої та другої категорій належать розв'язки на одному рівні з віднесеними лівими поворотами. Ці розв'язки дешеві по вартості влаштування та ефективні для зменшення складності перехресть та підвищення безпеки руху [7].

Вирішення даного завдання безпосередньо пов'язане з експериментальними дослідженнями часових інтервалів руху при прямому лівоповоротному вливанні в потік головної дороги (рис. 1) з другорядної дороги, і теж саме при наявності віднесеного лівого повороту (рис. 2).

За результатами дослідження даних елементів дороги, при зменшенні загального часу виконання маневру на зазначених переїздах з метою покращення ситуації дану схему роз’їзду можна буде запропонувати на інших ділянках дороги.

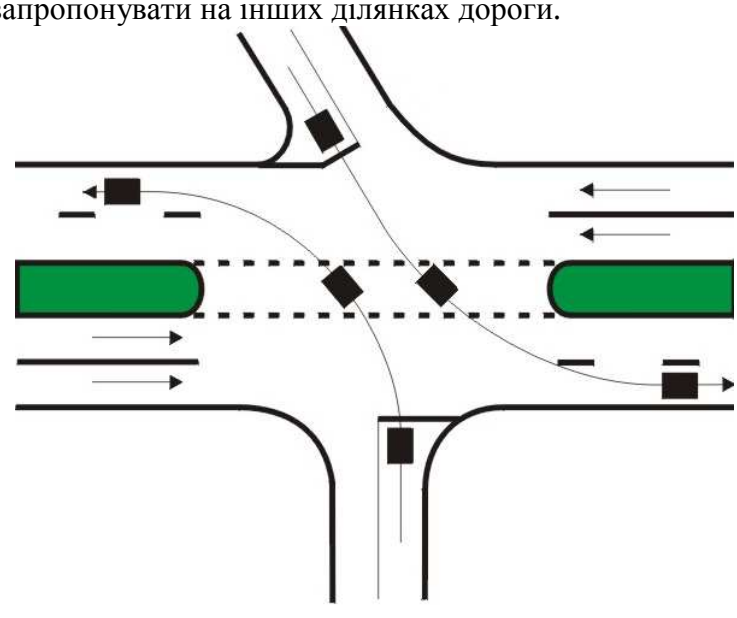


Рис. 1. Схема для здійснення прямого лівого повороту

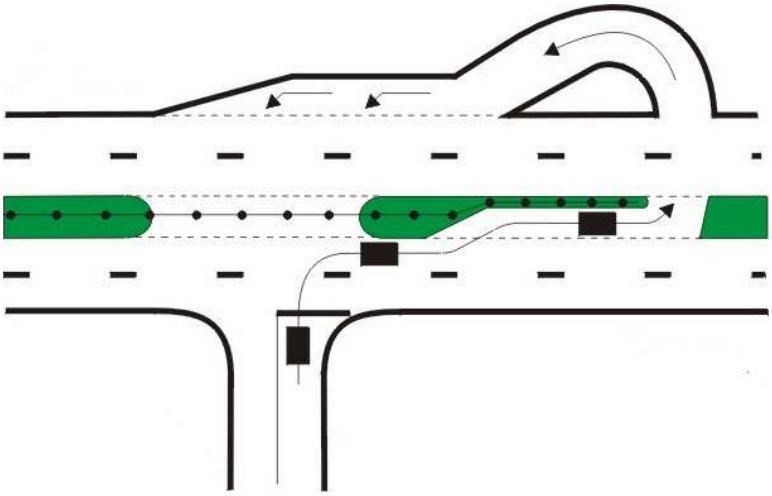


Рис. 2. Схема для здійснення віднесеного лівого повороту

Експериментальні дослідження прямого лівоповоротного вливання транспортних засобів з другорядної дороги в потік головної дороги виконані в різні періоди року в місці перетину дороги Глеваха - Мархалівка з дорогого 1-б категорії Санкт-Петербург – Київ - Одеса. Вихідні дані наведені в табл. 1, 2, що опрацьовані методами математичної статистики та теорії ймовірностей.

Таблиця 1

Здійснення лівого прямого повороту з боку населеного пункту Глеваха на м. Київ

№ п/п	Тип автомобіля	Зупинка перед здійснен-ням прямого лівого повороту, секунди	Проїзд правої проїзної частини, секунди		Проїзд розділювальної смуги, секунди		Проїзд лівої проїзної частини з вливанням в потік головної дороги, секунди		Час здійснення прямого лівого повороту, секунди t_i
			початок	кінець	початок	кінець	початок	кінець	
1	Ваз-2105	0,00	20	24	24	28	28	31	31
2	Тойота	0,00	12	14	14	16	16	22	22
3	Ваз-2107	0,00	13	15	15	17	17	20	20
4	Москвич	0,00	5	8	8	11	11	15	15
5	Уаз-469	0,00	8	10	10	24	24	27	27
6	VW, T4	0,00	7	10	10	15	15	19	19
7	Хонда	0,00	6	8	8	19	19	25	25
8	Форд	0,00	7	10	10	15	15	20	20
9	Дачія	0,00	28	31	31	34	34	36	36
10	Опель	0,00	25	27	27	29	29	34	34
11	Ваз-2121	0,00	37	40	40	42	42	44	44
12	Рено Логан	0,00	16	19	19	23	23	26	26
13	Сеат Леон	0,00	13	15	15	25	25	31	31
14	Мерседес	0,00	4	8	8	11	11	15	15
15	Мітсубісі	0,00	22	29	29	33	33	36	36

Таблиця 2

Здійснення лівого прямого повороту з бону населеного пункту Мархалівка в одеському напрямку

№ п/п	Тип автомобіля	Зупинка перед здійсненням прямого лівого повороту, секунди	Проїзд правої проїзної частини, секунди		Проїзд розділювальної смуги, секунди		Проїзд лівої проїзної частини з вливанням в потік головної дороги, секунди		Час здійснення прямого лівого повороту, с t_i
			початок	кінець	початок	кінець	початок	кінець	
1	Ваз-2109	0,00	12	15	15	42	42	44	44
2	Ваз-2110	0,00	3	9	9	12	12	18	18
3	VW T4	0,00	3	8	8	15	15	22	22
4	Тойота	0,00	4	10	10	18	18	27	27
5	Ваз-2107	0,00	2	5	5	20	20	23	23
6	Чері Тіго	0,00	3	7	7	18	18	24	24
7	Мітсубісі	0,00	15	18	18	21	21	25	25
8	Рено	0,00	7	11	11	16	16	20	20
9	Опель	0,00	20	25	25	29	29	34	34
10	Мерседес	0,00	25	28	28	31	31	35	35
11	Ваз-2115	0,00	8	14	14	18	18	21	21

В табл. 3 наведені розрахункові дані для визначення середніх значень та дисперсій здійснення прямого лівого повороту в напрямках:

- перший напрямок руху транспортних засобів з боку населеного пункту Глеваха в бік міста Києва;

- другий напрямок руху транспортних засобів з боку населеного пункту Мархалівка в бік міста Одеси.

Середні значення часових інтервалів та дисперсій у вибірках експериментальних спостережень отримаємо за вихідними даними таблиць 1-3.

$$t_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n1} ti}{n1} = \frac{401}{15} = 26{,}73, \quad (1)$$

$$t_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n2} tj}{n2} = \frac{293}{11} = 26{,}64, \quad (2)$$

де t_1, t_2 - середні значення часових інтервалів у вибірках;

n_1, n_2 - кількість вихідних даних у вибірках.

З використанням середніх вибіркових значень та дисперсій часових інтервалів здійснення прямого лівого повороту оцінимо належність вибірок генеральний сукупності.

Так, маючи дві незалежні вибірки E_1 та E_2 фактичних спостережень часових інтервалів здійснення прямого лівого повороту об'ємами n_1, і n_2 з генеральних сукупностей:

$$X = \{E_1\}; \quad (3)$$

$$Y = \{E_2\} \quad (4)$$

перевіримо нульову гіпотезу H_0, що центри розподілу співпадають, тобто:

$$t_1 \approx t_2 . \quad (5)$$

Якщо відомі дисперсії G_x^2 та G_y^2, то легко здійснити перевірку нульової гіпотези H_0, базуючись на тому, що різниця двох вибіркових середніх підпорядкована нормальному закону:

$$N\left[t, \bar{t}_1 - \bar{t}_2, G_{(\bar{t}_1 - \bar{t}_2)}\right], \quad (6)$$

де t - фактичні значення спостережень часових інтервалів здійснення прямого лівого повороту, с **;**

$\bar{t}_1 - \bar{t}_2$ - різниця вибіркових середніх;

$G_{(\bar{t}_1 - \bar{t}_2)}$ - сумарне середнє квадратичне ухилення розподілу часових інтервалів здійснення прямого лівого повороту за двома вибірками.

$$G_{(\bar{t}_1 - \bar{t}_2)} = \sqrt{\frac{G_x^2}{n_1} + \frac{G_y^2}{n_2}} = \sqrt{\frac{1010{,}9335}{15} + \frac{620{,}5456}{11}} = \sqrt{124{,}8088} = 11{,}1718 . \quad (7)$$

Задаючись одним з рівнів значущості q, наприклад, 0,01:

$$q \in [0{,}05; 0{,}01; 0{,}001], \quad (8)$$

та приймаючи $P_{нор} = 0{,}99 = (1 - 0{,}01)$ і відповідне йому нормативне ухилення $Z_q = 2{,}58$

$$Z_q \in [1{,}96; 2{,}58; 3{,}29], \quad (9)$$

знаходимо нормовану різницю вибіркових середніх:

$$Z_q \times G_{(\bar{t}_1 - \bar{t}_2)} = 2{,}58 \times 11{,}1718 = 28{,}8332 . \quad (10)$$

Далі визначаємо фактичну різницю вибіркових середніх:

$$\left|\bar{t}_1 - \bar{t}_2\right| = 26{,}73 - 26{,}64 = 0{,}09 . \quad (11)$$

При:

$$\left|\bar{t}_1 - \bar{t}_2\right| \lhd Z_q \times G_{(\bar{t}_1 - \bar{t}_2)} , \quad (12)$$

розходження між вибірковими середніми є неістотним і вибірки, що розглядаються, належать до однієї генеральної сукупності і їх можна об’єднати. Саме така ситуація має місце у нашому випадку.

Коли не виконується умова (12), то розходження між вибірковими середніми є істотним і вибірки не належать до однієї генеральної сукупності.

Далі оцінимо розрахункове максимальне значення часового інтервалу здійснення прямого лівого повороту за виразом:

$$t_{\max} = (\bar{t} + 3G), \quad (13)$$

де $t_{\max}$ - розрахункове максимальне значення часового інтервалу здійснення прямого лівого повороту за об’єднаною вибіркою;

G - середнє квадратичне ухилення за об’єднаною вибіркою;

$\bar{t}$ - середнє значення часового інтервалу здійснення прямого лівого повороту за об'єднаною вибіркою.

Таблиця 3

Дані для визначення середніх значень та дисперсій здійснення прямого лівого повороту транспортних засобів за напрямками руху

№ п/п	Тип автомобіля	Час здійснення прямого лівого повороту, секунди	Розрахункові дані для визначення дисперсії, здійснення прямого лівого повороту
Першій напрямок руху транспортних засобів з боку населеного пункту Глеваха в бік м. Києва /перша вибірка даних/			
1	ВАЗ-2110	31	/ЗІ - 26,73/^{2} = 18,2329
2	VW T4	22	/22 - 26,73/^{2} = 22,3729
3	ВАЗ-2107	20	/20 - 26,73/^{2} = 45,2929
4	Тойота	15	/15 - 26,73/^{2} = 137,5929
5	Мітсубісі	27	/27 - 26,73/^{2} = 0,0729
6	Рено	19	/19 - 26,73/^{2} = 59,7529
7	Опель	25	/25 - 26,73/^{2} = 2,9929
8	Мерседес	20	/20 - 26,73/^{2} = 43,2929
9	Форд	36	/36 - 26,73/^{2} = 85,9329
10	ВАЗ-2121	34	/34 - 26,73/^{2} = 52,8529
11	МАН	44	/44 - 26,73/^{2} = 298,2529
12	ВАЗ-2111	26	/26 - 26,73/^{2} = 0,5329
13	Рено	31	/31 - 26,73/^{2} = 18,2329
14	Джилі	15	/15 - 26,73/^{2} = 137,5929
15	Мерседес	36	/36 - 26,73/^{2} = 85,9329
Другий напрямок руху транспортних засобів з боку населеного пункту Мархалівка в бік м. Одеса (друга вибірка даних)			
1	ВАЗ-2105	44	/44 - 26,64/^{2} = 301,3696
2	ВАЗ-2103	18	/18 - 26,64/^{2} = 74,6496
3	Іж-комбі	22	/22 - 26,64/^{2} = 21,5296
4	УАЗ-469	27	/27 - 26,64/^{2} = 0,1296
5	ВАЗ-2107	23	/23 - 26,64/^{2} = 13,2496
6	ЄрАЗ	24	/24 - 26,64/^{2} = 6,9696
7	ВАЗ-2105	25	/25 - 26,64/^{2} = 2,6896
8	РАФ-2203	20	/20 - 26,64/^{2} = 44,0896
9	Москвич	34	/34 - 26,64/^{2} = 54,1696
10	Москвич	35	/35 - 26,64/^{2} = 69,8896
11	ВАЗ-2105	21	/21 - 26,64/^{2} = 31,8096

Значення $\bar{t}$ за об'єднаною вибіркою включає 26 вихідних даних і дорівнює:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{j=1}^{n} t_j}{n} = \frac{694}{26} = 26{,}69 \text{ с.}$$

Середнє квадратичне ухилення G від $\bar{t}$ за об'єднаною вибіркою становить [18]:

$$G = \sqrt{\frac{G_{сум}^2}{n}} = \sqrt{\frac{1623{,}8486}{26}} = 7{,}9029 \text{ с.} \qquad (14)$$

За виразом (15) з урахуванням отриманих $\bar{t}$ та G з імовірністю 0,999 отримаємо середній максимальний час виконання прямого лівого повороту:

$$\bar{t}_{\max} = 26{,}69 + 3 \times 7{,}9029 = 50{,}40 \text{ с.}$$

При запровадженні віднесеного лівого повороту максимальне значення часу для його здійснення дорівнює:

$$\bar{t}_{в.мах} = (\bar{t}_в + 3G_и) = 5{,}24 + 3 \times 1{,}29 = 9{,}11 \text{ с.} \quad (15)$$

де $\bar{t}_{в.мах}$ - максимальне значення часу здійснення віднесеного лівого повороту;

$\bar{t}_в$ - середнє значення часу здійснення віднесеного лівого повороту;

$G_в$ - середнє квадратичне ухилення від середнього $\bar{t}_в$.

Висновки. Отже, за результатами дослідження прямого і віднесеного лівого повороту видно, що час на виконання останнього у 5,5 разів менший у порівнянні з прямим лівим поворотом. Це дозволить значно збільшити пропускну здатність перехресть, зменшити затори, що в свою чергу знизить шкідливі викиди автотранспорту в атмосферу.

Також, на підставі виконаних досліджень часових інтервалів здійснення лівого прямого та віднесеного поворотів є можливість визначити межі інтенсивності руху транспортних засобів на дорогах, де функціонування розв'язок в одному рівні з віднесеними лівими поворотами буде доцільним та науково обґрунтованим.

Література

1. Алексеев А. Экологический триптих / А. Алексеев, М. Козлов // За рулем. – 1998. – №6. – С. 68-70.

2. Вацик Ю. Дизельный лямбда-зонд / Ю. Вацик // Автоцентр. – 2002. – №47. – С. 67-71.

3. Воробьев А. Освежить дыхание / А. Воробьев // За рулем. – 2000. – №12. – С. 89-92.

4. Воробьев А. Задержать и уничтожить / А. Воробьев // За рулем. – 2003. – № 12. – С. 72-76.

5. Голованов Л. Дышать! Лучше поздно, чем никогда / Л. Голованов // Авто-ревю. – 1998. – №1. – С. 78-81.

6. Гутаревич Ю.Ф. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник 2-ге вид., перероблене та доповнене / Ю.Ф. Гутаревич. – К.: Арістей, 2008. – 296 с.

7. Забишний Я.О. Транспортна розв'язка в одному рівні з віднесеними лівими поворотами на автомобільних дорогах загального користування / Я.О. Забишний // Автошляховик України. - 1996. - №4. – С. 37-41.

8. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Вип. 4(39). Т.2. - ПолтНТУ, 2013. – 309 с.

9. Казаков Н. Экологическая безопас¬ность транспорта / Н. Казаков, И. Масленникова // Автобизнесмаркет. – 2004. – №14. – С. 67-70.

10. Криворучко О. М. Менеджмент якості на підприємствах автомобільного транспорту: автореф. дис. д-ра екон. наук: 08.00.04 / Українська держ. академія залізничного транспорту. – Х., 2007. – 36 с.

11. Луканин В.Н. Снижение экологических нагрузок на окружающую среду при работе автомобильного транспорта / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко. – М.:, 1996. – 339 с.

12. Масленникова И.С. Экологический менеджмент на транспортных коммуникациях / И.С. Масленникова. – СПб.: Недра, 1997. – 135 с.

13. Міхно М. В. Зниження витрати палива та шкідливих викидів рухомим складом автомобільного транспорту раціональним вибором експлуатаційних факторів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.10 / Український транспортний ун-т. – К., 1998. – 16с.

14. Сердюк О. Экология и автомобилестроение / О. Сердюк // Автостандарт. – 2004. – №4. – С. 37-41.

15. Смирнов Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н.В. Смирнов, Й.В. Дунин-Барковский. – М.: Наука, 1969. – 511 с.

16. Шустова, Д.В. Проблемы экологии на транспорте / Д.В. Шустова, Є.О. Воробйов // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів. – К., 2012. – С. 20–21.

17. Устименко В.С. Поліпшення екологічних показників автомобілів та розширення паливної бази автомобільного транспорту шляхом застосування біоетанолу: дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / Державне підприємство "Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний ін-т" / В.С. Устименко. – К.:, 2006. – 178 с.

18. Douaud A., Girard C. Which are the engine and fuel technologies for the sustainable development of road transport? // WEC Journal. – 2007. – July. – P. 10-21.

УДК 504.064:624.011.01:069(477)

Кривомаз Т. І.*, *Перебинос А. Р.
Київський національний університет
будівництва та архітектури

ВИЗНАЧЕННЯ ШКОДОЧИННОСТІ ГРИБІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЕКОБЕЗПЕКИ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ В БУДІВНИЦТВІ

Узагальнено та систематизовано дані про гриби, що викликають пошкодження деревних конструкцій в будівництві. За типами шкідливого впливу на будівельну деревину виділено категорії грибів в залежності від їх деструктивних властивостей та фізіолого-метаболічних особливостей. Для екобезпечного захисту деревних конструкцій в будівництві запропоновано інтегральний показник визначення шкодочинного потенціалу певних видів грибів: DP = < FS + CW + SC + EF >, де DP - шкодочинний потенціал гриба, FS - видоспецифічні характеристики гриба, CW - особливості стану деревних будівельних конструкцій, SC - загальний санітарний стан деревної споруди, EF - екологічні фактори оточуючого середовища.

Ключові слова: екобезпека, деревні конструкції, мікодеструкція, оцінка ризиків.

Обобщены и систематизированы данные о грибах, вызывающих повреждения деревянных конструкций в строительстве. По типам вредного влияния на строительную древесину выделено категории грибов в зависимости от их деструктивных свойств и физиолого-метаболических особенностей. Для экобезопасной защиты деревянных конструкций в строительстве предложен интегральный показатель определения вредоносного потенциала определенных видов грибов: DP = <FS + CW + SC + EF >, где DP - вредоносный потенциал гриба, FS - видоспецифические характеристики гриба, CW - особенности состояния древесных строительных конструкций, SC - общиее санитарное состояние деревянного сооружения, EF - экологические факторы окружающей среды.

Ключевые слова: экобезопасность, деревянные конструкции, микодеструкция, оценка рисков.

© Кривомаз Т. І., Перебинос А. Р., 2016

13. Міхно М. В. Зниження витрати палива та шкідливих викидів рухомим складом автомобільного транспорту раціональним вибором експлуатаційних факторів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.10 / Український транспортний ун-т. – К., 1998. – 16с.

14. Сердюк О. Экология и автомобилестроение / О. Сердюк // Автостандарт. – 2004. – №4. – С. 37-41.

15. Смирнов Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н.В. Смирнов, Й.В. Дунин-Барковский. – М.: Наука, 1969. – 511 с.

16. Шустова, Д.В. Проблемы экологии на транспорте / Д.В. Шустова, Є.О. Воробйов // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів. – К., 2012. – С. 20–21.

17. Устименко В.С. Поліпшення екологічних показників автомобілів та розширення паливної бази автомобільного транспорту шляхом застосування біоетанолу: дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / Державне підприємство "Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний ін-т" / В.С. Устименко. – К.:, 2006. – 178 с.

18. Douaud A., Girard C. Which are the engine and fuel technologies for the sustainable development of road transport? // WEC Journal. – 2007. – July. – P. 10-21.

УДК 504.064:624.011.01:069(477)

Кривомаз Т. І.*, *Перебинос А. Р.
Київський національний університет
будівництва та архітектури

ВИЗНАЧЕННЯ ШКОДОЧИННОСТІ ГРИБІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЕКОБЕЗПЕКИ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ В БУДІВНИЦТВІ

Узагальнено та систематизовано дані про гриби, що викликають пошкодження деревних конструкцій в будівництві. За типами шкідливого впливу на будівельну деревину виділено категорії грибів в залежності від їх деструктивних властивостей та фізіолого-метаболічних особливостей. Для екобезпечного захисту деревних конструкцій в будівництві запропоновано інтегральний показник визначення шкодочинного потенціалу певних видів грибів: DP = < FS + CW + SC + EF >, де DP - шкодочинний потенціал гриба, FS - видоспецифічні характеристики гриба, CW - особливості стану деревних будівельних конструкцій, SC - загальний санітарний стан деревної споруди, EF - екологічні фактори оточуючого середовища.

Ключові слова: екобезпека, деревні конструкції, мікодеструкція, оцінка ризиків.

Обобщены и систематизированы данные о грибах, вызывающих повреждения деревянных конструкций в строительстве. По типам вредного влияния на строительную древесину выделено категории грибов в зависимости от их деструктивных свойств и физиолого-метаболических особенностей. Для экобезопасной защиты деревянных конструкций в строительстве предложен интегральный показатель определения вредоносного потенциала определенных видов грибов: DP = <FS + CW + SC + EF >, где DP - вредоносный потенциал гриба, FS - видоспецифические характеристики гриба, CW - особенности состояния древесных строительных конструкций, SC - общиее санитарное состояние деревянного сооружения, EF - экологические факторы окружающей среды.

Ключевые слова: экобезопасность, деревянные конструкции, микодеструкция, оценка рисков.

© Кривомаз Т. І., Перебинос А. Р., 2016

The data fungi that cause of wooden structures damage in construction were generalized and systematized. The fungi were categorized according to the types of damage construction effects, their destructive properties, physiological and metabolic characteristics. For environmental safety protection of building wooden construction the integral index of detriment potential of fungi species was proposed: DP = <FS + CW + SC + EF>, where DP – detriment potential, FS - specific features of fungi species, CW - condition of wooden structures, SC - sanitary condition, EF - environmental factors.

Keywords: environmental safety, wooden construction, fungi destruction, risk assessment.

Вступ. Деревина традиційно служить універсальним матеріалом в будівництві, проте процес виготовлення та використання деревних конструкцій супроводжується цілою низкою проблем, які потребують вирішення. Зокрема значні збитки та ризики будівельної галузі пов'язані з грибними пошкодженнями деревини. Велика кількість грибів здатні спричиняти прямим чи опосередкованим шляхом негативний ефект на дерев'яні конструкції та споруди, а також внутрішнє середовище приміщень та людям, які в них знаходяться. Загрози з боку грибів включають: 1) пошкодження та руйнування деревних матеріалів, конструкцій та споруд [3]; 2) надходження токсичних та алергічних агентів мікологічного походження в житлові та виробничі приміщення, а також в навколишнє середовище [2]; 3) поступове накопичення грибів, їх структурних елементів та продуктів метаболізму у концентраціях, здатних спричинити шкоду здоров'ю людей та деструкції деревних елементів будівель або повної руйнації споруд [12]. Гриби є постійними, нерідко небезпечними та агресивними супутниками людства, що істотно впливають на людину та її виробничу діяльність [2]. Велика кількість мікроскопічних грибів (мікроміцетів) здатна синтезувати мікотоксини та інші отрути, які шкідливо впливають на здоров'я людей, зумовлюють погіршення фізіологічного стану та знижують стійкість організму проти захворювань. Крім того, гриби є основними біотичними чинниками, які викликають пошкодження будівельних споруд [5]. Оселяючись на дерев'яних конструкціях або будівельних матеріалах, гриби зумовлюють їх деструкцію, чим спричиняють істотні економічні збитки. Для боротьби з грибними агентами, асоційованих з діловою деревиною використовують фунгіциди, які з одного боку здатні ефективно захистити матеріал від грибів, а з іншого - також можуть завдавати шкоду довкіллю та здоров'ю населення [1]. В зв'язку з цим, одним з важливих напрямків екобезпеки стає дослідження особливостей життєдіяльності грибів, асоційованих з деревиною, що використовується в будівництві. Оцінка шкодочинності певних мікологічниї об'єктів та дослідження активності грибів, асоційованих з будівельною деревиною, сприятиме підвищенню точності підбору методів захисту дерев'яних конструкцій та, як наслідок, підвищить рівень безпеки для здоров'я людей, їх середовища існування та навколишнього середовища в цілому.

Полігоном для проведення моніторингу мікологічних деструкцій деревини було обрано Національний музей народної архітектури та побуту України «Пирогів» (НМНАПУ «Пирогів») [5]. Проблема збереження культурного надбання особливо актуальна в сучасних соціальних та екологічних умовах і потребує нових методів, технологій та стандартів як при проведенні консерваційно-реставраційних заходів, так і при встановленні чинників та механізмів деструктивних процесів. Особливо складно і не менш відповідально встановлювати роль грибів в процесі пошкодження музейних цінностей, де завжди є загроза або недооцінити цю роль, або ж її перебільшити [3]. Встановлення механізму деструктивної діяльності грибів на будівельних конструкціях потребує окремих досліджень, методика яких ще не розроблена остаточно і лише частково сформульована для окремих випадків.

Мета дослідження. Систематизація даних про контамінантну та деструктивну роль грибів у сфері екобезпеки будівельних деревних конструкцій та створення методологічної основи для оцінки ризиків грибної шкодочинності.

Виклад основного матеріалу. Гриби вважаються основним біотичним чинником пошкодження дерев'яних будівельних конструкцій, при цьому деструктивна активність мікологічних агентів залежить від умов будівництва та експлуатації споруд з деревини. Необхідно підкреслити, що грибні структури, зокрема спори, поширені практично скрізь, проте шкідлива дія грибних агентів проявляється тільки за певних умов. В деревину гриби потрапляють в процесі росту дерев, заготовки деревоматеріалів, в процесі їх обробки, зберігання та експлуатації. Осідання грибних спор на деревину є фактично безперервним процесом, інтенсивність якого відрізняється хіба що інтервалами, в тому числі і сезонними. Спори грибів здатні до поверхневої адгезії або можуть проникати через непомітні порушення структури деревини до більш глибоких шарів, зберігаючи життєздатність упродовж десятиріч і розпочинаючи активно функціонувати у разі виникнення сприятливих умов для їх розвитку. Хоча дія таких факторів, як температура, вологість, відсутність світлових та повітряних потоків, доступність субстрату, необхідна для всіх грибів, але вихід зі стану спокою відбувається лише в умовах, індивідуальних для кожного виду і навіть штаму [3]. В зв'язку з цим, надзвичайно важко орієнтуватись у часі виникнення пошкодження, його першопричинах та прогнозувати направленість і швидкість цього процесу.

Етапи деструкції деревини та асоційовані з ними гриби. Перша стадія пошкодження деревини відбувається за участю представників відділу Ascomycota та групи анаморфних грибів, які використовують легкодоступні компоненти деревини: резервні вуглеводи та інші сполуки. Ці гриби руйнують внутрішній вміст клітин, істотно не впливаючи на структуру клітинних стінок, тобто не розкладають лігніноцелюлозні комплекси, що формують основну масу деревини. Мікотичні агенти первинної деструкції – це переважно деревофарбуючі гриби, які живляться вмістом відмерлих клітин заболоні, головним чином, багатих на поживні речовини клітин паренхіми серцевинних променів. Спочатку відбувається зміна забарвлення деревини в сірувато-синій та коричневий колір під впливом представників родів *Ceratocystis*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aureobasidium*. Це зумовлено вивільненням пігментів, головним чином меланінів, локалізованих у клітинних стінках грибів. Заселення деревини деревозабарвлюваними грибами може відбуватись за температури від 5 до 30°С і вологості понад 22% [2]. Зазвичай розвиток грибів триває поки деревина зберігає природну вологість, а після її висиханні життєдіяльність грибів майже повністю припиняється.

Друга стадія пошкодження деревини здійснюється, головним чином, за участю трутовиків та інших ксилотрофів, які здатні руйнувати важкодоступні полімери – лігнін і целюлозу. Ці гриби є збудниками бурої та білої гнилизни. Заключний, третій етап деструкції деревини триває десятки років. В ньому приймають участь як ксилотрофи, так і сапротрофи. Загалом на швидкість розкладання деревини впливають різноманітні чинники: вид деревини, її положення в конструкції, температура, вологість, тощо.

Класифікація мікодеструкторів деревини за їх ферментативною активністю. Деревина переважно складається з целюлози, яка формує структурну основу оболонок деревних клітин і утворює комплекси з інкрустувальними речовинами: геміцелюлозами, пектинами та лігніном. До складу деревини також входять таніни (або дубильні речовини), смоли, воски та невелика кількість білків. Здатність розкладати різноманітні речовини обумовлена синтезом в грибних клітинах широкого набору ензимів: глікозидгідролаз, ліаз, естераз та інших ферментів [2].

Целюлозодеструктори. Тканини деревини на 40-44% за масою складаються з целюлози (60% міститься у хвойних породах та 40% - в листяних), а вміст її в луб'яних волокнах становить 60-85%. Здатність розкладати целюлозу притаманна дереворуйнівним базідіомікотовим грибам, які синтезують весь комплекс целюлолітичних ферментів [6], а

також деяким представникам аскомікотових та анаморфних грибів. Важливу роль в розщепленні целюлози відіграють мікроміцети із родів *Fusarium* і *Chaetomium*, а також деякі види родів *Stachybotrys*, *Aspergillus*, *Penicillum*, *Myrothecium* зокрема: *Aspergillus fumigatus, A. nidulans, A. niger, A. foetidus, Botrytis cinerea, Chaetomium globosum, Myrothecium verrucaria, Rhizoctonia solani, Trichoderma viride, T. reesei, T. harzianum* [8]. Гриби, які розкладають переважно целюлозу, зумовлюють розвиток бурої гнилизни деревини.

Геміцелюлодеструктори. До групи геміцелюлоз входить майже третина всіх вуглеводів у тканинах деревних рослин. В деревині вміст геміцелюлоз та лігніну (високомолекулярного полімеру не полісахаридної природи) становить від 5 до 30% сухої маси. У грибів роду *Aspergillus* є велика кількість ферментів, що беруть участь в деградації геміцелюлоз, наприклад, *A. niger* здатний синтезувати 188 ферментів, що активно розщеплюють вуглеводи [11].

Лігнінодеструктори. В здерев'янілих тканинах міститься від 18 до 35% лігніну. Найбільше лігніну містить деревина хвойних порід (до 35%), а в деревині листяних порід частка лігніну становить 20-25%. Специфічна деградація лігніну відбувається за участю лігнін-деструктора *Phanerochaete chrysosporium* [2]. Найактивніші групи грибів, які розкладають лігнін, належать до дереворуйнівних представників базидіомікотових, які зумовлюють розвиток білої гнилизни.

Пектинодеструктори. Пектини в деревині зазвичай наявні в меншій кількості: в перерахунку на сиру масу матеріалу їх вміст досягає 0,5-4,0%. Велика кількість пектинолітичних ферментів виявлено у грибів *Aspergillus niger, Botrytis cinerea, Chondrostereum purpureum, Rhizopus oryzae* [10].

Танінодеструктори. Концентрація танінів дуже різниться у різних видів деревних порід і може досягати до 40% у перерахунку на суху масу. Таніни, як і лігнін та інші поліфеноли, стійкі до біологічного розкладання. Однак низка грибів, які спричиняють розвиток білої гнилизни (наприклад, *Sporotrichum pruinosum, Ceriporiopsis subvermispora, Cyathus stercoreus, Coriolopsis gallica*), здатні розкладати дубильні речовини. Крім того біодеградація танінів може здійснюватись представниками родів *Aspergillus, Fusarium, Cylindrocarpon, Gliocladium, Endothia, Calvatia, Penicillum, Trichoderma* [13].

Ліпідодеструктори. До деструкторів ліпідів та ліпідоподібних речовин належать гриби здатні синтезувати ліпази та інші ліполітичні ферменти: *Mucor lipolyticus, Rhizopus nigricans, Aspergillus niger, Penicillium verrucosum, P. roqueforti* [12].

Класифікація грибних контамінантів будівельної деревини за шкодочинністю. За способом завдання шкоди деревним конструкціям та людям, які знаходяться в побудованих приміщеннях, виділяють дереворуйнівні, деревозабарлювані та токсикогенні гриби, а також контамінантні гриби, шкодочинність яких точно не встановлена, або проявляється тільки за певних умов (рис. 1).

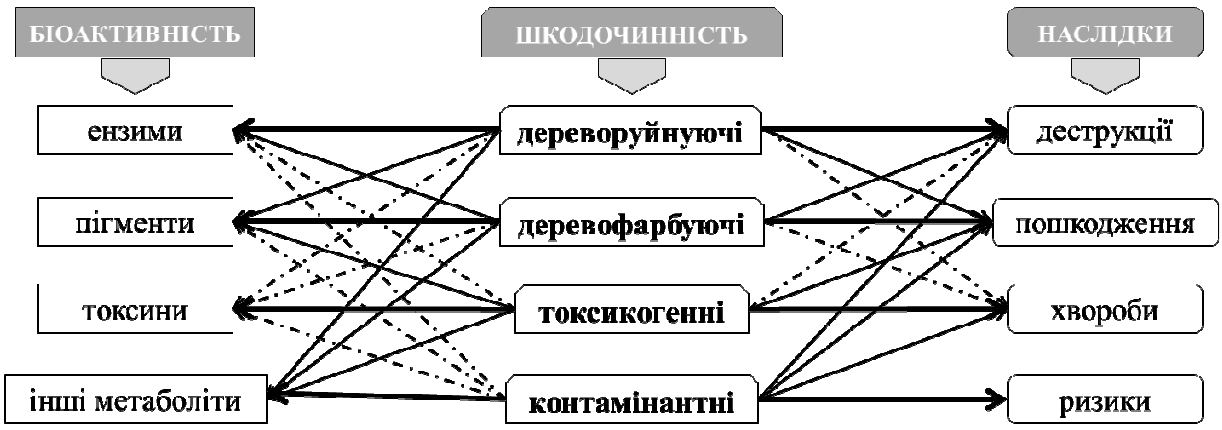


Рис. 1. Схема активності грибів, асоційованих з дерев'яними конструкціями

Дереворуйнівні. Збудники білої гнилизни (корозійний розклад) надають перевагу деревині листяних порід, а руйнування деревини хвойних здійснюється переважно за участю грибів-збудників бурої гнилизни (деструктивний розклад).

Збудники бурої гнилизни (*Coniophora* spp., *Fomitopsis pinicola, Phaeolus schweinitzii, Laetiporus sulphureus, Fistulina hepatica* та ін.) перетворюють деревину на червонувато-коричневу масу, руйнуючи, головним чином, її целюлозний та геміцелюлозний компонент. Особливо небезпечним для житлових будівель та дерев'яних конструкцій є справжній домовий гриб *Serpula lacrymans* (родина Coniophoraceae, порядок Boletales, відділ Basidiomycota). За відповідних умов цей гриб може повністю зруйнувати дерев'яну споруду. Найінтенсивніше гниття деревини відбувається за вологості повітря 90-95% і температури 18-23°С [12].

Збудники білої гнилизни (*Trametes versicolor, T. hirsuta, Phlebia radiata, Ph. brevispora, Pycnoporus sanguineus, Daedalia flavida, Heterobasidion annosum, Pleurotus ostereatus, Fomes fomentarius, F. fasciatus, Loweporus lividus,* а також представники родів *Armillaria, Ganoderma, Polyporus, Pleurotus, Pholiota, Clitocybe, Collybia, Marasmius, Mycena*) руйнують деревину, перетворюючи її на білу масу, впливаючи в першу чергу на лігнін [9].

В групу збудників м'якої гнилизни виділяють гриби, які здатні однаковою мірою розкладати і лігнін, і целюлозу: *Pleurotus ostereatus, Ganoderma lipsiense, Bjerkandera adusta, Armillaria melea*.

Деревозабарлювані. Особливості забарвлення деревини залежать від виду гриба, глибини проникнення міцелію, тривалості впливу, кількості та кольору пігменту. В більшості випадків під час повільного висихання деревоматеріалів розвиток забарвлення відбувається тільки в заболоні і не проникає в серцевину дерева. Деревозабарлювані гриби зумовлюють різноманітне за розташуванням, малюнком, кольором та інтенсивністю патологічне фарбування деревини, яке зазвичай проявляється у вигляді кольорових смуг або плям, рідше у вигляді суцільного забарвлення [2].

Синява зумовлена дією грибів має відтінки сірого, голубовато-сірого, синюватого, зеленувато-синього, сіро-коричневого і синювато-чорного кольорів. Таке забарвлення спричиняють понад 100 видів грибів. Деревину хвойних порід, в основному сосни та ялини, найчастіше вражають гриби роду *Ceratocystis* із відділу аскомікотових (*C. coerulescens, C. comata, C. imperfecta*) та *Ophiostoma piliferum, O. minus, O. piceae, Ochrocladosporium elatum*, а також анаморфні гриби *Leptographium lundbergii, Aureobasidium pullulans, Discula pinicola, Alternaria humicola* та ін. Деревину листяних порід фарбують *Ceratocystis buxi, Ophiostoma quercus, O. piceae* та анаморфні гриби *Cladosporium herbarum, Discula pinicula, Phialophora americana* та ін. Оптимальні умови для більшості збудників синяви – температура від 20 до 27°С, вологість деревини 35-80% та наявність в ній повітря не менше 15% від об'єму [12].

Коричневий колір деревини спричиняють анаморфні гриби: у сосни *Burgoa anomala*, кедра – *Graphium aureum*, бука – *Graphium album.* Коричнево-чорне забарвлення викликають у берези та бука – *Bispora antennata* і *Monodictus antiqua*, у бука – *Bulgaria inquinans.* Бурий колір деревини обумовлений діяльністю *Stereum sanguinolentum* на хвойних породах дерев та *Chaetomium murorum* - на хвойних та листяних [12].

Червоний колір різних відтінків спричиняє базидіомікотовіий гриб *Cylindrobasidium evolvens*, який вражає деревину переважно хвойних порід, зрідка осики, зумовлюючи глибоке червонувате або рожево-оранжеве забарвлення заболоні у вигляді смуг, яке блідне по мірі висихання деревини. Також червоний колір надають деревині *Clonostachys rosea, Penicillium purpurogenum, Acrostalagmus luteoalbus*. Криваво-червоне забарвлення деревини хвойних порід і дуба спричиняє інший базидіальний гриб *Phanerochaete sanguinea*, червоний пігмент якого накопичується в клітинах серцевинних променів і трахеїдах. В яскраво-пурпуровий колір фарбує деревину хвойних порід *Epicoccum purpurascens*. Деревина волоського горіха може мати фіолетове забарвлення під

впливом *Fusarium javanicum*. Також до цієї деревної породи приурочений *F. sambucinum* var. *sambucinum*, що фарбує її малиновий колір. Крім того, цей вид обумовлює червонувато-малиновий, рожевий і фіолетовий колір сосни і ялини. Утворення червоних плям на деревині клена спричиняє *F. reticulatum* [2].

Переривчасті смуги і плями лимонно-жовтого кольору викликає *Verticillium glaucum* при високій вологості деревини хвойних і листяних порід. Золотисто жовтий пігмент синтезує *Eidamia catenulate*. Забарвлення у вигляді жовтих язиків на деревині листяних порід спричиняє *Hericium diversidens* [2].

Зеленувато-жовтий відтінок соснової та ялинової деревини викликає *Trichoderma viride*. В інтенсивний синьо-зелений колір фарбують деревину листяних порід *Chlorociboria aeruginosa* та *Ch. aeruginosascens*. Різні відтінки зеленого виникають під впливом *Penicillium commune, P. divergens, Fusarium cavispermum* і *Trichoderma koningii* [12].

Зазвичай діяльність деревофарбуючих грибів не має помітного впливу на фізико-механічні властивості деревини та її хімічний склад, однак внаслідок тривалої дії, деякі гриби частково розкладають молекули геміцелюлоз та збільшують проникність клітинних стінок внаслідок їх перфорації своїми гіфами [2].

Токсикогенні. Мікотоксини – отруйні низькомолекулярні речовини, що продукуються мікроскопічними грибами і проявляють свою дію у відносно невеликих концентраціях. Деякі мікотоксини індукують генетичні порушення та процеси канцерогенезу, інші зумовлюють тератогенний, ембріотоксичний, дисбактеріозний, алергенний, дерматонекротичний ефекти [2]. Найпоширенішими і найтоксичнішими мікотоксинами є афлатоксини, цитринін, ерготоксин, фумонізини, охратоксини, патулін, трихотецени, зеараленон. Мікотоксини найчастіше синтезують анаморфні гриби із родів *Fusarium, Aspergillus, Myrothecium, Stachybotrys, Trichoderma, Trichothecium, Penicillum*. Багато видів мікроміцетів, що виявляють при обстеженні дерев'яних конструкцій, вважаються збудниками поверхневих інфекцій шкіри, оніхомікозів, опортуністичних та системних мікозів у пацієнтів з порушеним імунітетом. Це окремі види з роду *Candida, Rhizopus arrhizus, Absidia corymbifera, Aspergillus flavus, A. fumigatus, Stachybotris alternaus*. *Aspergillus, Penicillum, Trichoderma, Cladosporium, Alternaria, Paecilomyces, Scopulariopsis* та інших гіфоміцетів, які утворюють значну кількість спор і легко поширюються, можуть спричиняти алергічні стани людини [3]. В зв'язку з цим, в процесі проведення мікологічного обстеження дерев'яних конструкцій, необхідно враховувати потенційну патогенність мікроміцетів. Оцінка за критерієм шкодочинності та санітарним критерієм патогенності для людини здійснюється згідно спеціально розробленій класифікації ступенів потенційної небезпеки (Biosafety levels, BSL).

Оцінка шкодочинності грибів в системі екобезпеки при будівництві та експлуатації дерев'яних конструкцій. Найбільш складним моментом при визначенні ризиків шкодочинності грибів, виявлених на деревних конструкціях, є трактування ймовірності інтенсивного розвитку певного мікологічного виду та деструкції деревини. У більшості випадків важко визначитись, чи слід вважати виявлені гриби звичайними контамінантами, чи необхідно відносити їх до небезпечних деструкторів [3]. Аргументованим доказом руйнівної здатності певного гриба може бути безпосередньо викликана ним деструкція, але для реалізації завдань екологічної безпеки будівництва необхідно вжити своєчасні заходи для запобігання руйнівним процесам, не очікуючи на їх наочну дію. В зв'язку з цим виникає нагальна потреба в розробці методології превентивної оцінки шкодочинного потенціалу мікологічних контамінантів будівельної деревини. При складанні оцінки необхідно враховувати ряд показників, що включають видоспецифічні характеристики гриба, особливості стану деревних конструкцій, загальний санітарний стан споруди та екологічні фактори оточуючого середовища. Інтегральний показник «шкодочинний потенціал гриба» для деревних конструкцій в будівництві пропонується визначати за наступною формулою:

$$DP =< FS + CW + SC + EF >, \quad (1)$$

де *DP* - шкодочинний потенціал гриба (damage potential);

FS - видоспецифічні характеристики гриба (specific features of fungi species);

CW - особливості стану деревних будівельних конструкцій (condition of wooden structures);

SC - загальний санітарний стан деревної споруди (sanitary condition);

EF - екологічні фактори оточуючого середовища (environmental factors).

Рівень ризику для кожного чинника визначається відповідно до закону Вебера-Фехнера:

$$r = a \cdot \lg \frac{C}{C_0}, \quad (2)$$

де r – рівень ризику;

a – коефіцієнт пропорційності;

C – значення інтенсивності фактору (концентрації речовин, швидкість росту, температура, вологість, тощо);

C_0 – найменша ступінь інтенсивності фактору, при якій зберігається нейтральний ефект [4, 7].

Для визначення видоспецифічних характеристик гриба аналізують наявність інформації про деструктивну здатність гриба і його патогенні властивості, адаптованість до субстрату та ступінь його колонізації, показники ростових процесів, фізіолого-екологічні особливості та інше. Показники ростових процесів характеризуються швидкістю формування колоній, появою спороношень та плодових тіл, перехід між різними фазами життєвого циклу, тощо. Враховується адаптованість до певних матеріалів і особливості метаболізму грибів. За критерієм швидкості росту розрізняють такі варіанти формування колоній мікроміцетів: повільно рослі (10-14 діб), помірно рослі (7-10 діб) та швидкорослі (3-5 діб). Швидкість росту вважають показником життєдіяльності виділеної культури, що є підставою для прогнозування можливості виникнення деструктивного процесу, а пристосованість до субстрату – критерієм адаптованості і ферментативної активності [3]. Типовими еколого-трофічними ознаками є здатність продукувати біологічно активні сполуки, наявність комплексу гідролітичних ферментів, особливо целюлозолітичних.

Відмічають особливості стану деревних будівельних конструкцій, реєструючи тип і фактуру деревини, її вік, виявлені пошкодження та наслідки процесів життєдіяльності грибів. В процесі виникнення пошкоджень вирішальну роль має фізико-хімічні властивості поверхні матеріалу: гідрофобна поверхня перешкоджає адгезії і розвитку грибів, у той час як гідрофільна – сприяє. Таким чином, значну роль відіграють вид деревини та її гідрофільні властивості, як субстрату для грибів. Колонізуючи деревину, деякі гриби здатні виділяти агресивні метаболіти, які навіть у мікрокількостях можуть спричиняти зміну поверхневого шару матеріалу. Втрата грибостійкості матеріалів спостерігається внаслідок старіння, стану та умов експлуатації деревних конструкцій.

Запилення і забруднення є джерелами інфекції, створюючи сприятливі передумови для постійної контамінації, адгезії і збереження життєздатності спор грибів. Наявність пилу на деревних поверхнях порушує контакт матеріалу з повітрям і сприяє конденсації вологи, що стимулює процес проростання грибних спор. Часточки пилу використовуються мікроміцетами як живильний субстрат, оскільки близько 60-75 % його складу припадає на органічну складову, а від 2 до 46 % пилових часточок є носіями мікроорганізмів [3]. Крім того, санітарний стан дерев'яних споруд відображають мікробіологічні характеристики повітря, а повітряні потоки сприяють поширенню спор. Для оцінки потенційної ролі забруднення у виникненні пошкоджень встановлюють хімічний склад повітря та його інфікованість мікроорганізмами.

Найсуттєвішими абіотичними екологічними факторами оточуючого середовища для розвитку і росту грибів є вологість і температура. Для кожного виду грибів параметри цих факторів індивідуальні, однак більшість мікроміцетів реагує на підвищення вологи в межах 60-85 %, хоча температура може не перевищувати 15-20 °С. Оптимальною умовою для більшості видів мікроміцетів становить вологість 85-90 %, проте існує ряд ксеротолерантних видів, які починають розвиватися на субстратах зі зниженою вологістю та тих, що підсихають [3]. Оптимальні параметри pH для розвитку більшості грибів становлять 4,5-6. Велике значення для росту мікроміцетів має температура, що впливає на конідієутворення, пігментацію та продукування метаболітів. Щодо температурного фактора мікроміцети розподіляються на три категорії: 1) психрофіли – ростуть при температурі від 0 до 20 °С, оптимум 15-18 °С; 2) мезофіли – від 5 до 37 °С, оптимум 25-28 °С; 3) термофіли – ріст у межах 30-60°С, оптимум 45-55 °С. Проте для переважної більшості видів мікроміцетів оптимальною температурою вважається 25-26 °С [3].

Збереження дерев'яних історико-архітектурних споруд в НМНАПУ «Пирогів». Слід підкреслити, що виявлення життєздатних структур грибів на будівельних деревних конструкціях не завжди можна вважати свідченням їх шкодочинності, що неодмінно призведе до руйнівних процесів деревини. Ефективним засобом запобігання розвитку чинників деструктивного процесу деревних конструкцій досягається дотриманням відповідних параметрів температури, вологості, циркуляції повітря та санітарного стану споруд. В НМНАПУ «Пирогів», де в ході наших первинних обстежень було виявлено мікологічні пошкодження дерев'яних пам'ятників архітектури [5], адміністрацією музею були своєчасно вжиті дієві заходи по запобіганню деструкції. Для усунення підтікань перекрито дахи найбільш проблемних будівель, причому використовувалися аналогічні матеріали, які застосовувалися в оригінальних варіантах споруд. Найбільш пошкоджені ділянки деревних конструкцій були видалені та замінені новими деталями з відповідних порід дерев. Співробітники музею усіма доступними методами намагаються забезпечити відповідну циркуляцію повітряних мас у внутрішніх приміщеннях. Для запобігання розвитку грибних спороношень опалення в будівлях підтримується на мінімальному рівні навіть в холодні сезони. Для боротьби з мікологічними чинниками деструктивних процесів деревини застосовується комплекс профілактичних заходів: технічне забезпечення стабільного внутрішнього мікроклімату, провітрювання, просушування, знепилення, а також регулярний мікологічний контроль стану деревних конструкцій. Моніторинг мікологічних контамінантів дерев'яних історико-архітектурних пам'ятників НМНАПУ «Пирогів» дозволить виявити основні мікодеструктори, після чого передбачається розроблення спеціалізованих методів захисту деревини історичних споруд. Вирішення проблеми збереження музейних цінностей можливе лише за умов наукового підходу до організації зберігання. Такий підхід передбачає комплексне стримування процесів старіння матеріалу. Стратегія захисту передбачає взаємозв'язок профілактичних проблем з біологічними, технологічними, фізико-хімічними і екологічними. Це організація зберігання з залученням фахівців різних напрямків – адміністраторів музею, реставраторів, біологів, екологів, хіміків та всіх небайдужих до збереження національного надбання.

Висновки. В перспективі застосування інтегрального показника рівня мікологічної екобезпеки деревних конструкцій для оцінки ризиків деструкції та суттєвих пошкоджень матеріалу забезпечить значну економічну вигоду. Своєчасне виявлення небезпечних мікодеструкторів деревини дозволить уникнути їх руйнівного впливу за допомогою відповідних превентивних заходів. Точна оцінка вірогідності небезпеки сприятиме адекватній реакції на можливі ризики, що дозволить зменшити використання шкідливих фунгіцидів. Розрахунки потенціалу шкодочинності грибів дозволить виокремити токсикогенні види та своєчасно зупинити їх розвиток, захистивши таким чином здоров'я населення.

В результаті даного дослідження зроблені наступні висновки:

1. Обґрунтовано основи методології превентивної оцінки шкідливого впливу мікологічних контамінантів будівельної деревини та виділено категорії грибів в залежності від їх деструктивних властивостей та фізіолого-метаболічних особливостей.

2. Для екобезпечного захисту деревних конструкцій в будівництві запропоновано інтегральний показник визначення ризиків шкодочинного потенціалу грибів: DP = < FS + CW + SC + EF >, де DP - шкодочинний потенціал гриба, FS - видоспецифічні характеристики гриба, CW - особливості стану деревних будівельних конструкцій, SC - загальний санітарний стан деревної споруди, EF - екологічні фактори оточуючого середовища.

3. Використання концепції екологічного ризику як міри небезпеки дозволить здійснювати ефективний менеджмент захисту деревних конструкцій в будівництві для запобігання шкідливого впливу на оточуюче середовище та здоров'я населення.

4. Проведення мікологічного екомоніторінгу надасть можливість своєчасного прийняття запобіжних дій для захисту матеріалів та споруд, а також надасть рекомендації по методах боротьби з грибними деструкторами деревини для усунення їх шкідливого впливу.

Література

1. Гайда С.В. Хімічний склад та ступінь забруднення – основа систематизації вживаної деревини. Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть / С.В. Гайда // Міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2008. - вип. 34. – С. 58-66.

2. Екологія грибів: монографія / Г.Л. Антоняк, З.І. Калинець-Мамчур, І.О. Дудка, Н.О. Бабич, Н.Є. Панас. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 628 с.

3. Коваль Е.З. Мікологічне обстеження музейних пам'яток / Е.З. Коваль, Т.І. Митківська. – Київ: Національний науково-дослідний реставраційний центр України, 2011. — 232 с., 212 іл.

4. Кривомаз Т.І. Методологічні підходи до формування «Паспортів екологічної безпеки видів» / Т.І. Кривомаз, О.С. Волошкіна // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2015. - № 4. – с. 36-45.

5. Кривомаз Т.І. Первинна оцінка мікопошкоджень дерев'яних споруд в НМНАПУ «Пирогів» / Т.І. Кривомаз, А.Р. Перебинос // Екологічна безпека та природокористування. – 2015. – № 18. – с. 66-75.

6. Baldrian P. Degradation of cellulose by basidiomycetous fungi / P. Baldrian, V. Valásková // FEMS Microbiol Rev. – 2008. – Vol. 32, N.3. – P. 501-521.

7. Kryvomaz T. The risk assessment of threats from biological objects in environmental safety (Оцінка ризику загроз з боку біооб'єктів в сфері екологічної безпеки) / T. Kryvomaz, O. Voloshkina // Motorol (Польща). Polish Academy of Sciences – Lublin, 2014. – Vol. 16, No 8 - P. 137-144.

8. Lee C.K. Production and optimization of cellulase enzyme using Aspergillus niger USM AI 1 and comparison with Trichoderma reesei via solid state fermentation system / C.K. Lee, I. Darah, C.O. Ibrahim // Biotechnol. Res. Int. – 2011. – Vol. 658493. – P. 2090-3138.

9. Lundell T.K. Lignin-modifying enzymes in filamentous basidiomycetes - ecological, functional and phylogenetic review / T.K. Lundell, M.R. Mäkelä, K. Hilden // Microbiol. – 2010. – Vol. 50, N 1. – P. 5-20.

10. Mertens J.A. Expression and characterization of fifteen Rhizopus oryzae 99-880 polygalacturonase enzymes in Pichia pastoris / J.A. Mertens, M.J. Bowman // Curr. Microbiol. - 2011. – Vol. 62, N 4. – P. 1173-1178.

11. Pel H.J. Genome sequencing and analysis of the versatile cell factory Aspergillus niger CBS 513.88 / H.J. Pel, J.H. de Winde, D.B. Archer et al. // Nat. Biotechnol. – 2007. – Vol. 25, N 2. – P. 221-231.

12. Schmidt O. Wood and Tree Fungi: Biology, Damage, Protection, and Use / O. Schmidt. – Berlin: Springer, 2006. – 334 p.

13. Yagüe S. Biotreatment of tannin-rich beer-factory wastewater with white-rot basidiomycete *Coriolopsis gallica* monitored by pyrolysis/gas chromatography/mass spectrometry / S. Yagüe, M.C. Terrón, T. González et al. // Rapid Commun Mass Spectrom. – 2000. – Vol. 14, N 10. – P. 905-910.

УДК 66.021+66.048.3

Яхненко О. М., Черниш Є. Ю.,
Пляцук Л. Д.,Трунова І. О.
Сумський державний університет

САМОЗАРОСТАННЯ ВІДВАЛУ ФОСФОГІПСУ ЯК ПОКАЗНИК РІВНЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

У статті визначено основні закономірності протікання процесу рекультивації відвалу фосфогіпсів та зміни при цьому техногенного навантаження на довкілля. Проведено аналіз складу і властивостей фосфогіпсових відходів різного часу складування та досліджено особливості виникнення сукцесійних змін в процесі самозаростання поверхні відвалів фосфогіпсу.

Ключові слова: відвал фосфогіпсу, сукцесійні зміни, техногенне навантаження, відхід

В статье определены основные закономерности протекания процесса рекультивации отвала фосфогипса и изменения при этом техногенной нагрузки на окружающую среду. Проведен анализ состава и свойств фосфогипсовых отходов разного времени складирования и исследованы особенности возникновения сукцессионных изменений в процессе самозарастания поверхности отвалов фосфогипса.

Ключевые слова: отвал фосфогипса, сукцессионные изменения, техногенная нагрузка, отход

The article focused on the basic mechanisms of the recultivation process of phosphogypsum dump and changing of the technogenic impact on the environment. The composition and properties of phosphogypsum waste were analyzed for different periods of the dumping. The features of successional changes during self-overgrowing of surface of phosphogypsum dumps were studied.

Keywords: phosphogypsum dump, successional change, technogenic impact, waste

Актуальність теми. Необхідність виробництва фосфоровмісних добрив є причиною виникнення багатотонажних відходів у вигляді фосфогіпсу. Розміщення виробництв мінеральних добрив часто відбувається в межах міст (в Україні – Суми, Рівне, Армянськ, Вінниця, Дніпродзержинськ), що обумовлює негативні екологічні наслідки як у результаті виробництва продукції, так і при утилізації або зберіганні відходів даних виробництв.

Утворення фосфогіпсу на 1 т P_2O_5 у фосфорній кислоті при дигідратному процесі коливається від 2 до 6 % в залежності від вмісту кальцію у фосфатній сировині, у випадку

© Яхненко О. М., Черниш Є. Ю., Пляцук Л. Д., Трунова І. О., 2016

12. Schmidt O. Wood and Tree Fungi: Biology, Damage, Protection, and Use / O. Schmidt. – Berlin: Springer, 2006. – 334 p.

13. Yagüe S. Biotreatment of tannin-rich beer-factory wastewater with white-rot basidiomycete *Coriolopsis gallica* monitored by pyrolysis/gas chromatography/mass spectrometry / S. Yagüe, M.C. Terrón, T. González et al. // Rapid Commun Mass Spectrom. – 2000. – Vol. 14, N 10. – P. 905-910.

УДК 66.021+66.048.3

Яхненко О. М., Черниш Є. Ю.,
Пляцук Л. Д.,Трунова І. О.
Сумський державний університет

САМОЗАРОСТАННЯ ВІДВАЛУ ФОСФОГІПСУ ЯК ПОКАЗНИК РІВНЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

У статті визначено основні закономірності протікання процесу рекультивації відвалу фосфогіпсів та зміни при цьому техногенного навантаження на довкілля. Проведено аналіз складу і властивостей фосфогіпсових відходів різного часу складування та досліджено особливості виникнення сукцесійних змін в процесі самозаростання поверхні відвалів фосфогіпсу.

Ключові слова: відвал фосфогіпсу, сукцесійні зміни, техногенне навантаження, відхід

В статье определены основные закономерности протекания процесса рекультивации отвала фосфогипса и изменения при этом техногенной нагрузки на окружающую среду. Проведен анализ состава и свойств фосфогипсовых отходов разного времени складирования и исследованы особенности возникновения сукцессионных изменений в процессе самозарастания поверхности отвалов фосфогипса.

Ключевые слова: отвал фосфогипса, сукцессионные изменения, техногенная нагрузка, отход

The article focused on the basic mechanisms of the recultivation process of phosphogypsum dump and changing of the technogenic impact on the environment. The composition and properties of phosphogypsum waste were analyzed for different periods of the dumping. The features of successional changes during self-overgrowing of surface of phosphogypsum dumps were studied.

Keywords: phosphogypsum dump, successional change, technogenic impact, waste

Актуальність теми. Необхідність виробництва фосфоровмісних добрив є причиною виникнення багатотонажних відходів у вигляді фосфогіпсу. Розміщення виробництв мінеральних добрив часто відбувається в межах міст (в Україні – Суми, Рівне, Армянськ, Вінниця, Дніпродзержинськ), що обумовлює негативні екологічні наслідки як у результаті виробництва продукції, так і при утилізації або зберіганні відходів даних виробництв.

Утворення фосфогіпсу на 1 т P_2O_5 у фосфорній кислоті при дигідратному процесі коливається від 2 до 6 % в залежності від вмісту кальцію у фосфатній сировині, у випадку

© Яхненко О. М., Черниш Є. Ю., Пляцук Л. Д., Трунова І. О., 2016

напівгідратного процесу ця величина для апатитового концентрату дорівнює 3,7 %. При сірчанокислому методі розкриття апатитового концентрату на 1 т H_3PO_4 залежно від сировини й прийнятої технології утворюється 4,3 – 5,8 т фосфогіпсу [2]. У країнах СНД у сучасний час у відвалах перебуває більш 40 млн. т фосфогіпса й щорічно утворюється до 10 млн. т цього відходу. Тому, враховуючи об'єми утворення фосфогіпсу, актуальною проблемою є не тільки розробка методів його утилізації, але і його видалення з території виробництва, транспортування й зберігання у відвалах.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. У сучасний час у світі існує два основних напрямки видалення фосфогіпсу: скидання в річки або моря й обладнання спеціальних відвалів на суші. В Україні, як і країнах СНД, фосфогіпс зберігається тільки у відвалах на суходолі. Транспортування фосфогіпсу у відвали і його зберігання в них не є економічно вигідним через великі капіталовкладення й експлуатаційні витрати. Так, до 10 % собівартості фосфорної кислоти припадає на витрати по його транспортуванню й зберіганню.

При виборі способу видалення й зберігання фосфогіпса у відвалах враховують конкретні умови: потужність виробництва, кількість утвореного фосфогіпсу; віддаленість цеху екстракції від місця складування фосфогіпсу; наявність територій під складування; рельєф території, що використовується під відвали; кліматичні умови; геологічні й гідрогеологічні умови на майданчику складування фосфогіпсу [1].

При сухому відборі фосфогіпс складується в спеціально обладнаних сховищах, максимально ізольованих від водних об'єктів. Відвали являють собою складні інженерні споруди, при обладнанні яких необхідним елементом є наявність спеціального рову навколо відвалу для збору стічних вод і дамби, що запобігає потраплянню цих вод у навколишнє середовище [5].

Одним зі способів пом'якшення негативного екологічного впливу відвалу на прилягаючі території є створення стійкого рослинного покриву на поверхні як старих законсервованих, так і діючих відвалів фосфогіпсу. Часто застосовується спосіб формування відвалу, що включає поярусне засипання поверхні відвалу розкривними породами по периметру ярусу, що відсипається, від центра до периферії [3].

Зберігання фосфогіпсу у відвалах, навіть при правильній експлуатації спорудження, несе екологічну небезпеку для навколишнього середовища (НС), бо в існуючих сучасних технологіях виробництва добрив недостатньо уваги приділяється очищенню сировини від токсичних елементів – домішок, тому у твердих відходах часто містяться фтор, рідкісноземельні метали, миш'як, стронцій, уран, важкі метали – кадмій, свинець, ванадій та ін.[4].

Негативний вплив експлуатації відвалів, і, насамперед, свіжої черги, може проявлятися в забрудненні підземних і поверхневих вод, ґрунтово-рослинного покриву речовинами, що просочуються через екран; у результаті їх випаровування та вимивання зі стінок відвалу атмосферними опадами, в потраплянні в атмосферу під дією вивітрювання й пилiння. Відвал є джерелом гідродинамічного впливу на НС, викликаючи зміну рівня підземних вод, що може призводити до негативних явищ у прилеглій селитебній зоні; відбуваються відчуження й забруднення значних земельних ділянок, трансформація природного ландшафту. Відвали сухого фосфогіпсу є ерозійно-небезпечними через вміст у поверхневому шарі відвалу більш 70% часток діаметром менш 0,14 мм. Вологий фосфогіпс, особливо свіжеутворений, має низький pH і проявляє високу корозійну активність. Усі перераховані вище фактори можуть негативно позначатися на функціонуванні навколишніх екосистем, приводити до формування вогнища складної екологічної обстановки. Особливість таких геотехнічних систем з екологічної точки зору полягає ще й у тому, що їх негативний вплив на природне середовище поширюється значно ширше їхніх фактичних розмірів, тому постійний моніторинг прилеглих територій є невід'ємною частиною функціонування відвалу.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є дослідження біохімічних перетворень техногенного масиву фосфогіпсу в процесі самозаростання відвалу ПАТ «Сумихімпром» (с. Токарі, Сумська обл.).

Завдання дослідження: уточнити існуючі кордони діючого відвалу фосфогіпсових відходів; визначити елементний склад й значення pH зразків фосфогіпсів різного часу складування у відвалі; виявити основний видовий склад і домінуючих представників рослинних угрупуваннь, що заселяють рекультивовані схили відвалу; визначити біохімічні перетворення, які відбуваються в процесі самозаростання відвалу; установити закономірності протікання сукцесій на територіях, що зазнають антропогенного навантаження від впливу відвалу фосфогіпсів.

Розробка методологічної основи дослідження біохімічних трансформацій фосфогіпсових відвалів. Використання польових методів дозволяє визначити будову фосфогіпсового відвалу, межі розташування зон поширення порід, висоту терас, площу відвала й оцінити параметри його просторового розміщення в природному ландшафті й можливі напрямки впливу на природні об'єкти й прилеглі селітебні території. Лабораторні методи орієнтовані на встановлення зміни властивостей фосфогіпсів як екстремального субстрату для розвитку біологічних об'єктів залежно від різних факторів, що визначають їх фізико-хімічні характеристики.

Методика відбору проб. Були визначені точки відбору проб на території відвалу та на прилягаючих територіях, що включають санітарно-захисну зону відвалу, і за її межами. Проби фосфогіпсів були взяті з різних сторін відвалу з кожного ярусу тераси, у такий спосіб зразки відрізнялися за періодом складування й глибині залягання**.** На рекультивованих схилах зразки фосфогіпсів брали під шаром попередньо розкритого ґрунту. Зразки ґрунтів були взяті навколо відвалу до відстані від відвалу в 200 м через рівні проміжки відстані в 50 м один від одного, а також по профілю ґрунту до ґрунтоутворюючої породи через кожні 10 см. Зразки проб після відбирання були висушені при ст. умовах (тиск 1 Бар = 105 Па = 750,06 мм рт. ст.; температура 298,15 К = 25 °С.), розтерті в порошок.

Методи дослідження. Елементний аналіз проб був проведений на рентгено-флуоресцентному аналізаторі Elvax на базі СумДУ. Точність визначення масових часток металів у сплавах 0,1 – 0,3 %. Межі виявлення домішок важких металів у легкій матриці не менше 10 ppm. Усі виміри були проведені на висушених при ст. умовах і розтертих порошкових зразках у кюветах об'ємом 30 $см^3$ без особливої попередньої підготовки.

Вимір pH водних витяжок зразків фосфогіпсу й ґрунтів проводилося в лабораторних умовах за допомогою pX–метра pX–150 (іонометр) з електродом скляним комбінованим «ЕКС – 10603».

Опис об’єкту дослідження. Для Сумській області із усіх видів відходів за рахунок багатотонажності найгостріше стоїть питання зберігання та утилізації фосфгіпсу, який утворюється на ПАТ «Сумихімпром» у кількості близько 100 тис. т щорічно. У сучасний час нагромадилося понад 14 млн. т фосфогіпсу. Сировиною для виробництва фосфорних добрив є фосфоритовмісні руди $Ca_3(PO_4)_2$, до складу яких входять: P_2O_5 – 29,3 %; CaO – 47 %; F – 3,5 %; Fe_2O_3 та Al_2O_3 – 1 %; хлориди – до 1 %; Cd – до 12 мг/кг; Pb – до 20 мг/кг; As – до 10 мг/кг. Термічну переробку фосфорного концентрату проводять в електропечах при температурі 1300–1500°С за допомогою вуглецю (коксу) із введенням у шихту кремнезему як флюсу, у результаті чого утворюється фосфор, а в якості відходів – фосфогіпс безводний (сульфат кальцію: дигідрат $Ca_2SO_4 \cdot 2H_2O$ і напівгідрат $Ca_2SO_4 \cdot 0{,}5H_2O$). Ці відходи являють собою біло-сірий дрібнокристалічний порошок вологістю 25 – 40 %, що здатний до комкування. Він може містити рештки непрореагованих фосфатів, сполуки фтору, стронцію, невідмиту фосфорну кислоту, органічні речовини, сполуки рідкісноземельних елементів, урану [4]. Також на ПАТ «Сумихімпром» у якості відходів при виробництві двоокису титану щорічно утворюється близько 112 тис. т залізного купоросу, частина якого (8,8 тис. т) повертається на

підприємство й використовується при виробництві пігментів і коагулянтів. Інша частина, що залишається, частково складується на території підприємства, а також захоронюється в центральній частині тіла відвалу фосфогіпсу, тому що його утилізація економічно не вигідна.

Вперше фосфогіпсовий відвал ПАТ «Сумихімпром» був організований на місці природного яру Глибокий Яр глибиною близько 40 м. Площа відвалу становить 492 м^2, із санітарно-захисною зоною 637 м^2, периметр – близько 1900 м, більша частина відвального фосфогіпсу законсервована суглинистим субстратом і з західної сторони утворює 4 тераси, які добре проглядаються. З метою захисту від стоків поруч із відвалом з північно-західної сторони споруджена захисна водойма – акумулятор. Нова черга відходів утворює верхню фосфогіпсову платформу. На рис. 1 показаний знімок із супутника з нанесеними на нього позначеннями точок відбору проб і терас фосфогіпсового відвала, на рис. 2 – загальний вигляд рекультивованих терас відвала.

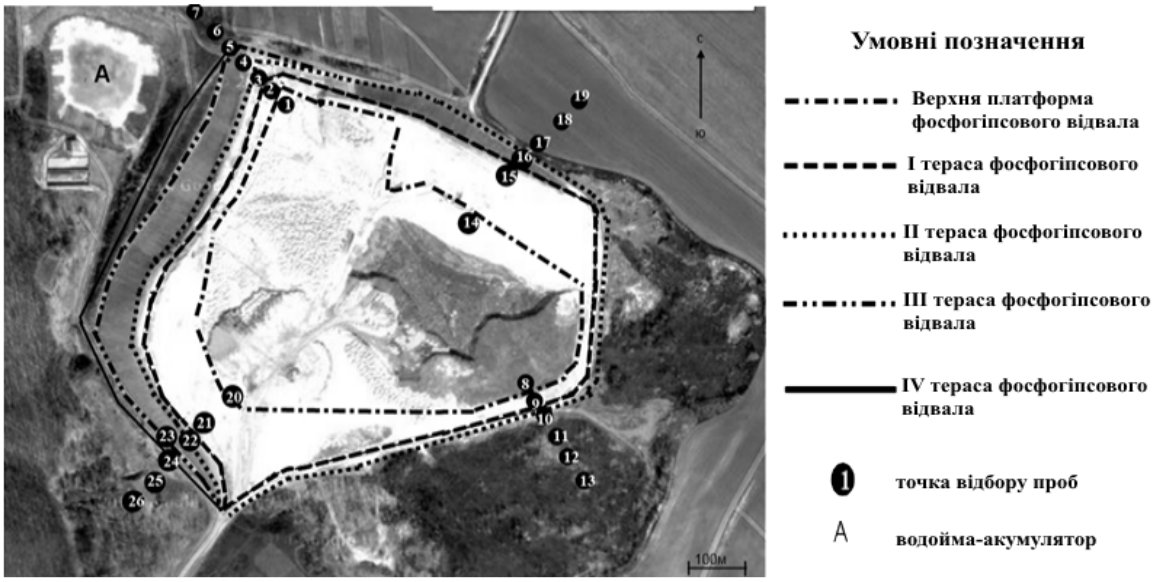


Рис. 1. Схема кордонів відвала фосфогіпсу із зазначенням кордону терас відвала й основних точок відбору проб фосфогіпсу і ґрунту

Рис. 2. Загальний вигляд північно-західної сторони діючого фосфогіпсового відвала ПАТ «Сумихімпром»

Кожна новостворена тераса рекультивується шаром суглинистого ґрунту потужністю близько 20 – 40 см. На верхню платформу законсервованої тераси укладають нову чергу відходів.

Результати дослідження біохімічних перетворень техногенного масиву фосфогіпсу. Встановлено, що для всіх зразків фосфогіпсу, не залежно від часу перебування у відвалі, характерна підвищена кислотність. Так, значення pH водної витяжки гідровилученого фосфогіпсу при температурі 24^0C склали 2,3-2,8 для свіжого фосфогіпсу нової черги відвала, узятого з верху платформи. Для фосфогіпсу, що зберігався у відвалі, залежно від тераси складування значення pH склали від 3,8 до 5,8 залежно від віку тераси. Зміна pH водної витяжки фосфогіпсу залежно від тераси, а значить і часу перебування у відвалі, за результатами дослідження, наведено на рис. 3.

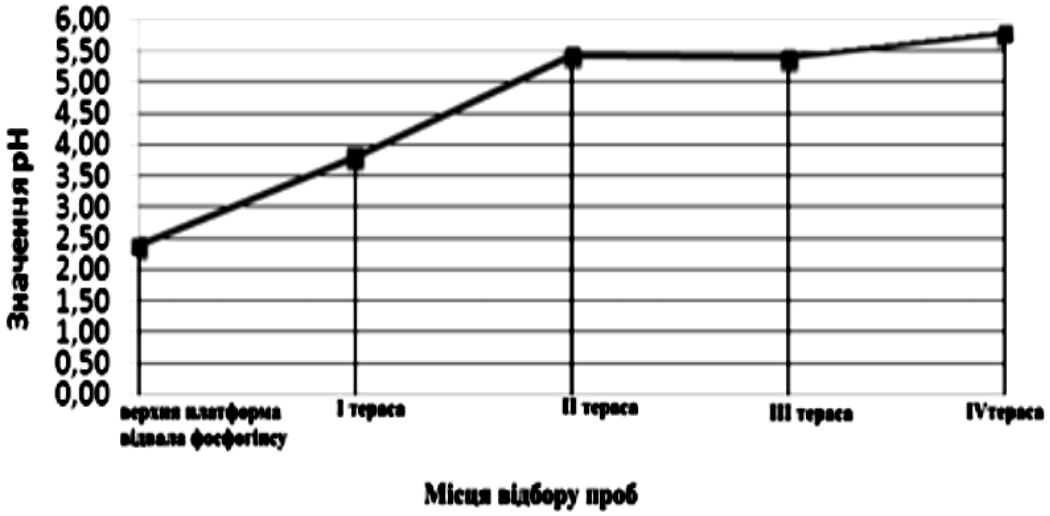


Рис. 3. Значення pH водної витяжки зразків фосфогіпсу залежно від місця й часу перебування у відвалі

Низьке значення pH зразків свіжого фосфогіпсу може бути обумовлене присутністю водорозчинних сполук фтору (можливо H_2SiF_6, Na_2SiF_6, K_2SiF_6, HF), слідами невідмитої фосфорної кислоти та її солей, сірчаної кислоти, домішками залізного купоросу. Зменшення кислотності на старших за віком терасах пояснюється поступовим вимиванням або випаровуванням кислих сполук зі складованого раніше в тераси фосфогіпсу під впливом різних природних факторів.

За допомогою рентгено-флуоресцентного аналізу елементного складу проб фосфогіпсу були виявлені в його складі, крім основних складових S, P, Ca, також Al, Fe, Si, домішки важких металів – Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, рідкісноземельний елемент Sr.

Слід зазначити, що міграція важких металів (ВМ) є однією з основних проблем експлуатації відвалів фосфогіпсу. Рухливість важких металів пов'язана з їх можливістю гідролізуватися. У ґрунтах ВМ присутні у водорозчинній, іонообмінній і неміцно адсорбованій формі. Підвищена кислотність фосфогіпсу створює сприятливі умови для міграції більшості металів, у тому числі й важких, які при низьких значеннях pH знаходяться у вигляді іонів або утворюють розчинні гідроксокомплекси. Крім того, Cu, Cr, Fe (III), Fe (II), Cd, Pb здатні утворювати розчинні хлорвмісні комплекси, причому останні три – навіть у нейтральному і слабколужному середовищі.

Через шар субстрату, що вкриває фосфогіпс, основна маса хімічних сполук, у тому числі й ВМ, можуть мігрувати в рослини. Відомо, що рослини здатні вибірково накопичувати елементи, тому між валовим вмістом ВМ у фосфогіпсових відходах, ґрунті й вмістом їх у рослинах суворої залежності виявлено не було.

Проведені спостереження на території відвалів фосфогіпсу показали, що з часом (більше 10 років) у результаті природних процесів ґрунтоутворення й проходження сукцесій навіть на поверхні нерекультивованих насипів фосфогіпсу, невеликих за площею на території даного відвала, формується рослинна кірка потужністю не більш 3–4 см. Невеликі відкриті ділянки відвала фосфогіпсу виступають субстратом для поселення на їх поверхні, в першу чергу, водоростей та мохів, а вже надалі, поступово, вищої трав'янистої рослинності (рис. 4, 5). У той же час на засипаних суглинковим субстратом терасах відвалу відбувається повне заселення поверхні відразу трав'янистою рослинністю в менший за часом термін в 5–7 років.

а б

Рис. 4. Корковий шар нерекультивованих ділянок фосфогіпсових відвалів з поселеннями водоростей (а) та мохів(б)

Рис. 5. Куничник наземний, який домінує у відновних рослинних угрупуваннях на поверхні відвала фосфогіпсу

Стінки відвала, після засипання сумішшю для рекультивації, на відміну від відкритих ділянок, досить легко й швидко покриваються світлолюбною трав'янистою рослинністю. Заселенню відвала рослинами сприяє шорсткість поверхні фосфогіпсу у вигляді западин, тріщин, а також значна його вологоємність, тому фосфогіпс, що також містить достатню кількість залишкового фосфору, сірки, кальцію й інших речовин, які виступають у ролі макро – і мікроелементів, стає непоганим субстратом, у першу чергу, для рудеральної й лугової рослинності.

На свіжоутворених відкритих схилах відвалу фосфогіпсів рослинність відсутня, на схилах свіжозасипаних суглинистим субстратом спостерігається мозаїчність рослинного покриву – від поодиноких екземплярів до заростання однієї третини проективного покриття площі. На старих, рекультивованих суглинком, схилах відвала проективне

покриття трав'янистої багаторічної рослинності повне, на самій нижній терасі, крім трав'янистої одно – і багаторічної рослинності, починають оселятися молоді дерева, що свідчить про постійні повільно діючі сукцесійні зміни у рослинних угрупуваннях. На трьох нижніх схилах відвала проективне покриття рослинності максимально повне, до верхньої частини терас, особливо недавно підданих рекультивації, кількість і видова різноманітність рослин зменшується. На рекультивованих схилах фосфогіпсового відвала ПАТ «Сумихімпром» домінуючими є трав'янисті рослини одно – і багаторічні (таблиця 1).

Таблиця 1

Трав'янисті рослини, що домінують на рекультивованих схилах фосфогіпсового відвала ПАТ «Сумихімпром»

Назва родини	Представники
Злакові	куничник наземний (Calamagróstis epigéios) пирій повзучий (Elytrigia repens) плоскуха звичайна (Echinochloa crusgalli) мишій зелений (Setaria viridis) тонконіг однорічий (Poa annua)
Бобові	лядвенець рогатий (Lotus corniculatus) конюшина лучна (Trifolium pratense) конюшина повзуча (Trifolium repens) конюшина блідо – жовта (Trifolium ochroleucum) буркун лікарський (Melilotus officinalis)
Складноцвіті	підбіл звичайний (Tussilago farfara) злинка канадська (Erigeron canadensis) деревій звичайний (Achillea millefolium) нетреба звичайна (Erigeron annuus) пижмо звичайне (Tanacétum vulgare) полин звичайний (Artemisia vulgaris) осот жовтий (Sónchus arvénsis) осот рожевий (Cirsium arvense)
Гречишні	горець пташиний, шпориш (Polygonum aviculare)
Кіпрейні	енотера дворічна (Onagra biennis)
Норичникові	льонок звичайний (Linaria vulgaris)

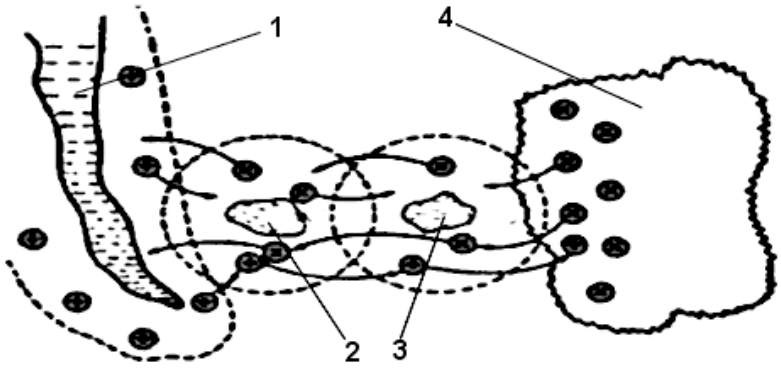
На нижніх терасах (третя й четверта) починають оселятися деревні форми, представлені в основному осикою звичайною (Populus tremula), тополею білою (Populus alba), рідше березою звичайною (Betula pendula), робінією псевдоакацією (Robinia pseudoacacia).

Обговорення результатів дослідження біохімічних процесів рекультивації нижніх терас діючого відвала фосфогіпсу. На екстремальних субстратах, до яких належать і відвали фосфогіпсу (фактори, що лімітують швидкість сукцесії – кислотність субстрату, особливості техногенного рельєфу, висока концентрація певних хімічних елементів, наприклад кальцію, не постійна доступність води, невелика протяжність по глибині рекультивуючого субстрату) стадія утворення постійного різновидового трав'янистого покриву з повною проекцією покриття субстрату триває не менше десятка років. Незважаючи на можливість занесення насіння різних видів дерев з прилеглих територій, вкритих деревною рослинністю поблизу відвалів (на відстані до 100 м) їх поява спостерігається не раніше ніж через 25 років після початку сукцесії. На пустирях, які

формуються навколо відвалу й перебувають у зоні їх впливу, сукцесія розвивається порівняно швидше, але і тут формування фрагментарних деревних насаджень спостерігається в основному через 20 років після відсипання відвалів (лімітуючим фактором виступає висока кислотність субстрату, висока концентрація хімічних елементів, обумовлена в основному надходженням хімічних елементів і їх сполук з відвалів).

В результаті рекультивації поверхні насипів відвала суглинистим ґрунтом шаром від 20 до 40 см, який, в певній мірі, перемішується з мінеральними часточками фосфогіпсу, утворюється субстрат, що підлягає заселянню живими організмами, в першу чергу, мікроорганізмами і рослинами. Багато мікроорганізмів розвивається біля кореневих систем (ризосферні мікроорганізми), тому що біля коренів завдяки виділенням створюються сприятливі умови для бактеріального живлення. Завдяки слизуватим виділенням кореня, мікроорганізми утворюють на його поверхні мікроколонії, а в деяких місцях – майже суцільні біологічні плівки. Використовуючи в якості джерела їжі й енергетичного матеріалу кореневі виділення, мікроорганізми активно розвиваються на коренях і поблизу їх та сприяють перетворенню і мобілізації речовин субстрату. Оскільки кореневі виділення різні в різних рослин, ризосферні мікроорганізми теж специфічні. Мікроорганізми здійснюють перетворення (окиснення, відновлення) ряду неорганічних сполук субстрату, включаючи і мінеральні частки фосфогіпсу, переводячи їх компоненти у більш або і, навпаки, менш засвоювану форму в залежності від умов (pH, Eh).

Коріння рослин, що поступово оселяються на поверхні субстрату відвалу, поглинає речовини безпосередньо з ґрунтового розчину та при контакті з частками ґрунтового поглинального комплексу. Катіони й аніони, що перебувають у поглиненому стані на колоїдних частках ґрунту, обмінюються на іони, адсорбовані на інших колоїдних частках, або на поверхні клітин кореня. Так, може здійснюватися надходження катіонів K^+, Ca^{2+}, Na^+ міцел в обмін на протони H^+, а також аніонів NO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} і інших в обмін на аніони органічних кислот (яблучна, лимонна, щавелева), що виділяються безпосередньо клітинами кореня, або на аніони HCO_3^-, що утворюються при дисоціації вугільної кислоти, яку виділяють корені рослин при диханні. Особливо ефективно йде поглинання при контактному обміні, при якому відбувається взаємообмін іонами між колоїдними часточками ґрунту та коренями рослин без надходження їх у ґрунтовий розчин. Поглинені іони адсорбуються на поверхні клітинних оболонок ризодерми кореня і засвоюються рослиною. На рис. 6 показано можливі біохімічні процеси, що відбуваються в ризосферному шарі між компонентами фосфогіпсу, колоїдними частками субстрату та кореневими системами рослин.



1– кореневий волосок рослини; 2, 3 – ґрунтові колоїдні частки; 4 – мінеральна частка фосфогіпсу

Рис. 6. Схема біохімічних процесів засвоєння мінеральних компонентів фосфогіпсу коренями рослин

Відповідно до схеми (рис. 6) вилучення певного елементу з мінералів субстрату здійснюється в процесі біологічної та фізико-хімічної (обмінної) вбирної здатності, у

результаті чого відбувається або повне розчинення мінералу, або заміщення іонів мінералу іонами водню або іонами, що виділяє коріння в складі органічних кислот, без руйнування кристалічних ґрат мінералу. Отже, в основі перетворень мінеральних часток фосфогіпсу у ґрунтовому субстраті лежать процеси: розчинення їх мінеральними кислотами, кореневими виділеннями, перетворення в результаті життєдіяльності мікроорганізмів; впливу органічних кислот – продуктів бродіння і неповного окислення вуглеводів ґрунтовими грибами і бактеріями; взаємодії мінеральних часток з позаклітинними амінокислотами, поліцукрами, фенольними сполуками. Таким чином, органічні сполуки прямо чи опосередковано взаємодіють з мінеральними частками фосфогіпсу, руйнуючи кристалічні ґратки, переводячи елементи з однієї форми в іншу зі зміною валентності і рухливості. Хімічні елементи, що входять до складу фосфогіпсу, або пов’язані з ним, вилучаються необов'язково пропорційно їхньому вмісту і співвідношенню у вихідному матеріалі, біологічне вивітрювання може привести до перетворення цього мінералу в інший завдяки зміні хімічного складу при вибірковому поглинанні елементів.

Поглинання рослинами й мікроорганізмами поживних речовин у великому ступені залежить від властивостей ґрунту – реакції й концентрації ґрунтового розчину, температури, аерації, вологості, вмісту в ґрунті доступних форм поживних речовин, тривалості й інтенсивності освітлення та інших умов зовнішнього середовища. Надходження поживних речовин у рослину помітно знижується при поганій аерації ґрунту, низькій температурі, надлишку або різкій нестачі вологи в ґрунті. Особливо сильний вплив на надходження поживних речовин спричиняють реакція ґрунтового розчину, концентрація й співвідношення солей у ньому.

Кислотність субстрату (pH) впливає на розчинність і засвоюваність рослиною поживних речовин. Для кожного виду рослин існують свої оптимальні межі значення pH. Менш шкідливе невелике збільшення значення pH ґрунту в лужний бік. Це пояснюється можливістю клітин кореня виділяти HCO_3^- або органічні кислоти, які нейтралізують надлишкову лужність. Для більшості рослин найбільш сприятливою є слабкокисла (pH = 5 – 6) або нейтральна реакція. На слабко кислих ґрунтах, до яких належить і субстат рекультивованих терас цього відвала, за рахунок понижених значень pH фосфогіпсу більш засвоюваними для рослин стають такі поживні елементи, як фосфор, залізо, цинк, марганець, бор і ін.

Разом з тим велике збільшення кислотності ґрунту, може сильно гальмувати ріст рослини. Різке зміщення реакції ґрунту в кислий бік виявляє небажані наслідки в силу прямого ушкоджуючого впливу на поверхневі шари протоплазми, гальмує надходження в клітини кореня поживних катіонів, перехід в розчин солей алюмінію й заліза, що сприяє утворенню слаборозчинних і тому важкодоступних рослинам фосфатів заліза й алюмінію, а також виявляє безпосередній токсичний вплив на рослинний організм. Реакція розчину впливає на інтенсивність надходження окремих іонів у рослину й обмін речовин. Негативна дія кислої реакції може бути нівельована наявністю певних катіонів у розчині, до яких в першу чергу належить кальцій. В випадку створення нижчої за оптимальну для існування організму кислотності з-за наявності кислих домішок в субстраті відвалу, велика концентрація кальцію, за рахунок надходження його з фосфогіпсу, дозволить рослинам пристосуватися до умов і продовжити заселення поверхні відвалу. Також потрібно враховувати, що Ca^{2+} у високих концентраціях може гальмувати надлишкове надходження K^+, Na^+ або Mg^{2+} в рослину і навпаки.

Аналізуючи можливість заселення живими організмами субстрату, що після рекультивації містить включення часточок фосфогіпсу, можна зробити висновок про те, що не зважаючи на високу кислотність самого фосфогіпсу (від 2,5 до 5,3 залежно від віку складування у відвали) та кислотність субстрату (в межах 6 – 6,5) високий вміст кальцію в субстраті відвала здебільшого може нівелювати вплив низької кислотності. У той же час кислотність у межах pH 5–6 дозволяє переводити фосфати в засвоювану для рослин форму, а надходженню азотистих сполук сприяють симбіотичні ризосферні азотфіксуючі

мікроорганізми. Також ризосферні організми допомагають рослинам поглинати з фосфогіпсу сполуки сірки, заліза, кремнію. При цьому сукцесійні зміни на поверхні фосфогіпсового відвалу, рекультивованого суглинковим субстратом, проходять достатньо швидко.

Висновки. В ході дослідження уточнено існуючі кордони діючого фосфогіпсового відвала ПАТ «Сумихімпром», площа якого на даний час становить 492 м^2, із санітарно-захисною зоною 637 м^2, периметр близько 1900 м. Проаналізовано склад і фізико-хімічні властивості фосфогіпсових відходів, виявлено, що крім основних сполук гіпсу зі сполуками фосфору, фосфогіпс даного відвалу може містити домішки заліза, алюмінію, цинку, кремнію, фтору, а також у невеликих кількостях домішки стронцію, свинцю, кадмію й інших, токсичних в надлишковій кількості, елементів. Значення pH в залежності від віку складування фосфогіпсу у відвал коливається в межах 2,3–2,8 для свіжого фосфогіпсу нової черги відвала та від 3,8 до 5,8 залежно від віку тераси для фосфогіпсу, що зберігається у відвалі.

Розроблено формалізацію біохімічних процесів засвоєння мінеральних компонентів фосфогіпсу коренями рослин та визначено закономірності проходження відновних сукцесій після рекультивації схилів відвала. Визначено, що рекультивовані відвали фосфогіпса піддаються поступовому заселенню й сукцесійним змінам під дією рослинних угрупувань і ґрунтових мікроорганізмів, що пов'язано, по-перше, з вибірковим поглинанням речовин живими організмами й необов'язковим включенням більшості токсичних елементів до свого складу, так і, по-друге, з наявністю у фосфогіпсі багатьох елементів (в першу чергу кальцію та залишкового фосфору), які використовуються як макро- або мікроелементи в метаболізмі рослин, а також з достатньо великою вологоємністю фосфогіпса. Ці ж властивості дають можливість використовувати надалі фосфогіпс у різноманітних біотехнологіях, наприклад, як субстрат для мікроорганізмів, метаболізму яких не шкодить достатньо висока кислотності середовища.

Література

1. Касимов А. М. Особенности технологии утилизации фосфогипса в качестве материала для производства гипсовых в’яжучих / А. М. Касимов, О. Е Леонова, А. Н. Александров. // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов / Сб. научных трудов XIII междунар. научно-технич. конф. / УГНИИ «УкрВОДГЕО», 2005. – С. 793–798.

2. Касимов А. М. Утилизация фосфогипса с получением материала для производства гипсовых вяжущих / А. М. Касимов, О. Е. Леонова, Ю. А. Кононов. // Материалы ежегодной межд. конф. «Сотрудничество для решения проблемы отходов». – Харьков, 2008. – С.1–5.

3. Мельников Н. В. Краткий справочник по открытым горным работам. / Н. В. Мельников. – М.: Недра, 1982. – 315с.

4. Мирка Г.Е. Проблемы утилизации техногенных отходов промышленных предприятий Сумской области / Г. Е. Мирка, Н. Г. Рудой. // Материалы 3-ей Международной конференции «Сотрудничество для решения проблемы отходов». – 2006. – 272 с.

5. Наркевич И. П. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ / И. П. Наркевич, В. В. Печковский. – М.: Химия, 1984. – 240 с.

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

УДК 504.61

Корчемлюк М. В., Приходько М. М., Архипова Л. М.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ЙОГО НАСЛІДКІВ В УКРАЇНСЬКІЙ ЧАСТИНІ БАСЕЙНУ р. ПРУТ

В роботі представлені результати досліджень зміни клімату в межах української частини басейну р.Прут, які базувались на аналізі багаторічних даних температури повітря та кількості опадів метеостанцій досліджуваної території. Доведено, що наслідки глобальних змін клімату проявляються у збільшенні частоти прояву екстремумів, що підвищує імовірність паводкових ризиків. Виділено й обгрунтовано природні і антропогенні чинники, що формують паводки в межах досліджуваної території. Запропоновано шляхи управління екологічними ризиками паводків, які визначають екологічну безпеку навколишнього середовища і розглядаються як довготермінові зміни метеорологічних елементів в єдиній системі інтегрованого управління річковим басейном.

Ключові слова: басейн р. Прут, зміни клімату, паводки, екологічні ризики

В работе представлены результаты исследований изменения климата в пределах украинской части бассейна р.Прут, которые базировались на анализе многолетних данных температуры воздуха и количества осадков метеостанций исследуемой территории. Доказано, что последствия глобальных изменений климата проявляются в увеличении частоты проявления экстремумов, что повышает вероятность паводковых рисков. Выделено и обосновано природные и антропогенные факторы, формирующие паводки в пределах исследуемой территории. Предложены пути управления экологическими рисками паводков, которые определяют экологическую безопасность окружающей среды и рассматриваются как долгосрочные изменения метеорологических элементов в единой системе интегрированного управления речным бассейном.

Ключевые слова: бассейн р. Прут, изменения климата, наводнения, экологические риски

This paper presents the results of climate change research within the Ukrainian part of the basin Prut river, which were based on an analysis of long-term data of air temperature and precipitation weather stations study area. It is proved that the consequences of global climate change manifested in increasing the frequency of extremes, which increases the likelihood of flood risks. Highlight and reasonably natural and anthropogenic factors influencing floods within the study area. The ways of managing environmental risks of floods, which determine the environmental safety of the environment and are treated as long-term changes in meteorological elements in a single system integrated river basin management.

Keywords: basin r.Prut, climate change, floods, environmental risks

Постановка проблеми. Зміна клімату відноситься до екологічних ризиків, які визначають екологічну безпеку навколишнього середовища і розглядаються як довготермінові зміни метеорологічних елементів (температура і вологість повітря, атмосферні опади, швидкість вітру, хмарність та ін.), відхилення їх параметрів від кліматичної норми для певної географічної широти. Цей процес супроводжується в першу чергу зміною температури повітря та атмосферних опадів.

Підписання Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату представниками 175 країн свідчить про те, що зміна клімату є значною загрозою навколишньому середовищу та економічному розвитку.

© Корчемлюк М. В., Приходько М. М., Архипова Л. М., 2016

Важливою особливістю річки Прут є велика водність і часті паводки. Останні являють реальну загрозу для всіх трьох країн, на територіях яких протікає Прут, і не тільки для господарської сфери, але й для життя людей, які мешкають біля річок басейну. Невирішена проблема – оцінка змін клімату на локальному рівні в межах басейну р. Прут на території України, екологічних ризиків паводків й розробка стратегії управління екологічною безпекою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зміна клімату негативно позначається на геосистемах, біорізноманітті, водних і біотичних ресурсах, а також здоров'ї людей. Усі складові цієї загальної комплексної проблеми зараз активно вивчаються. Основна увага приділяється оцінюванню змін фізичних параметрів атмосфери, океану, суходолу і кріосфери внаслідок антропогенного впливу на кліматичну систему та наслідків зміни клімату.

Дослідженню екологічного стану навколишнього середовища Карпатського регіону, оцінці екологічних ризиків, стратегії управління екологічною безпекою присвячено велику кількість робіт науковців. Потрібно відмітити праці О. М. Адаменка, Я. О. Адаменка, В. М. Шмандія, М. М. Приходька та інших. Однак, аналіз попередніх досліджень дозволяє констатувати недостатню вивченість багаторічних змін клімату та його наслідків для басейнової екосистеми р.Прут, а також проблем управління безпекою, особливо на регіональному рівні в межах басейнових систем [1,3].

Постановка завдання. Мета роботи - дослідження змін клімату та його наслідків, зокрема аналіз екологічних ризиків паводків у басейні Прута в межах території України та шляхи забезпечення екологічної безпеки досліджуваної території.

Виклад основного матеріалу. Зміна клімату вже відбувається і цей процес буде посилюватися. Тому незалежно від того, чи причетна до цього людина чи ні, необхідно вживати заходи з протидії цим змінам, стримувати темпи зростання температури з тим, щоб уникнути небезпечних і незворотних наслідків для навколишнього середовища, економіки і суспільства в майбутньому. Треба намагатися пристосуватися (адаптуватися) і мінімізувати негативні впливи прогнозованих кліматичних змін, максимально ефективно використовувати вигоду від них там, де це можливо.

Якщо в минулому зміна клімату була природною за своєю суттю, то в останні 50 років вона більшою мірою зумовлена діяльністю людини. Антропогенні чинники сприяють кліматичним змінам, внаслідок зміни концентрації в атмосфері парникових газів і аерозолів. Із шести видів парникових газів, які визначені Кіотським протоколом, три із них – вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4) і закис азоту (N_2O) – зустрічаються в атмосфері у природному стані, але їх концентрації в результаті діяльності людини значно підвищились. Три інші парникові гази (гексафторид сірки, гідрофторвуглеводні, перфторвуглеводні) є синтетичними хімічними речовинами. 1 кг цих газів в атмосфері еквівалентний 20 і більше тоннам вуглекислого газу. Парникові гази і аерозолі впливають на клімат шляхом зміни обсягу сонячного випромінювання, що надходить, та інфрачервоного (теплового) випромінювання, що виходить (парниковий ефект).

Україна підписала Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату та Кіотський протокол і зобов'язалася не перевищувати викиди парникових газів рівня 1990 року – 950 млн т CO_2-екв. За кількістю викидів парникових газів Україна займає 10-е місце у світі після США, Росії, Японії, Німеччини, Канади, Великобританії, Франції, Італії, Австралії. Рівень викидів парникових газів (CO_2, CH_4, N_2O, фторовані гази) у 2009 році становив 400 млн т CO_2-екв., а викиди CO_2 – 185,2 млн т. У 2010 році викиди CO_2 становили 198,2 млн т, CH_4 – 0,85 млн т.

На території України за останні 100 років середня річна температура повітря підвищилася на 0,7°С і тенденція її збільшення зберігається. Україні загрожують аномальні температурні умови, перетворення степів у пустелі, нестача питної води, повені і паводки, сильні вітри. Все це негативно впливає на економічний розвиток, екологічну і національну безпеку держави.

Територія басейну р. Прут характеризується помірно-континентальним кліматом. В окремі роки спостерігаються посушливі періоди, які значно впливають на стік і гідрологічний режим річок басейну річки Прут. Високогірна частина басейну Прута відноситься до найбільш зволожених в Україні. Основною закономірністю річної кількості опадів є їх зменшення з віддаленням від гір. У горах (метеостанція Пожежевська, Селятин) кількість опадів становить 976-2117 мм на рік, у рівнинній частині (метеостанції Коломия, Чернівці) – 395-1331 мм. Для басейну властива значна нерівномірність опадів у часі. Буває так, що за один місяць випадає половина річної норми, а в окремі дні місячна кількість опадів. Це визначає паводковий режим річки і формування паводків.

Одержані нами в результаті аналізу спостережень на метеостанціях дані (приклад однієї метеостанції у табл. 1) свідчать про наявність у басейні р. Прут змін середньої місячної і середньої річної температури повітря за 1990-2013 роки порівняно з кліматичною стандартною нормою. За останні 24 роки середня річна температура повітря підвищилася на 0,2-1,9°С. Основним фактором, який визначає територіальні відмінності відхилень температури повітря від норми, є висота місцевості над рівнем моря. Найменші позитивні відхилення середньорічної температури повітря від норми (0,2-1,4 °С) відносяться до гірських територій – метеостанції Пожежевська, Селятин. Найбільше підвищення температури повітря спостерігається в зимові місяці (січень, лютий). У літні місяці (липень, серпень) температура підвищилась в середньому на 0,7-1,9 °С.

Крім температурного режиму, на функціонування геосистем, у першу чергу їх біотичних компонентів (рослин і тварин), та умови життєдіяльності людини, значний вплив має зволоження території, яке визначається кількістю атмосферних опадів та їх розподілом у часі. Дефіцит або надлишок вологи у грунті, низька вологість повітря створюють несприятливі умови для розвитку і продуктивності рослинного покриву, визначають сезонні зміни видового складу рослинного покриву, а також стани (добові, сезонні) геосистем.

Наслідки глобальних змін клімату проявляються у підвищенні частоти прояву екстремумів протягом останніх десятиріч. В цілому збільшується кількість й тривалість як екстемально сухих так й екстемально вологих періодів. У багаторічному циклі за 1990-2013 роки середньобагаторічна кількість атмосферних опадів у басейні р. Прут, порівняно з нормою, зросла від 9 до 93 мм, крім метеостанції Чернівці, де середньобагаторічна кількість опадів зменшилася на 23 мм.

За останні 24 роки річна кількість атмосферних опадів була нижчою від норми впродовж 11-14 років. У найбільш «сухі» роки (1990, 1991, 1996, 2000, 2003, 2011) кількість опадів за рік була меншою від норми на 110-447 мм. У річному циклі найбільш «сухими» були місяці травень, червень, липень, листопад і грудень.

Кількість років з вищою від норми річною сумою атмосферних опадів за період 1990-2013 роки коливалася у межах 9-14 років. Найбільша кількість опадів випала у 1998, 2001, 2007, 2008, 2010 роках (перевищення від норми коливалось у межах 280-450 мм). Максимальні перевищення річної кількості опадів спостерігались на метеостанції Пожежевська – 603 мм (1998 р.), 555 мм (2008 р.) і 694 мм (2010 р.). Саме у ці роки на річках формувалися катастрофічні паводки. Кількість опадів, яка перевищує норму, припадає у більшості випадків на місяці березень, червень-серпень і листопад. У «вологі» роки є також місяці з кількістю опадів значно меншою від норми. Переважно це місяці квітень, травень і серпень (приклад однієї метеостанції табл. 2).

Наслідками зміни клімату є:

- підвищення зимових температур повітря, що сприяє нестійкості снігового покриву і випаровуванню снігу, внаслідок чого зменшується поповнення грунтових вод і грунтової складової річкового стоку (знижується водність річок у період зимової межені);

- зменшення кількості атмосферних опадів і зростання температури повітря у теплий період року підвищує екологічний ризик нестабільності річкового стоку і значного

зниження водності річок у періоди зимової, літньої та осінньої меженей (рис. 1), що обумовлює необхідність удосконалення управління водними ресурсами (зокрема врахування при прийнятті рішень щодо водопостачання, будівництва міні ГЕС, поглиблення очищення зворотних вод на очисних спорудах і перегляду нормативів гранично допустимих скидів у водні об'єкти);

- підвищення температури повітря (особливо у весняно-літній період) сприяє висушуванню грунтів, внаслідок чого вода, яка надходить у грунт з атмосферними опадами після посушливого періоду, поглинається грунтом і не надходить у підземні води, що призводить до зниження рівня підземних вод і, як наслідок, «висихання» колодязів, а також зменшення грунтової складової річкового стоку;

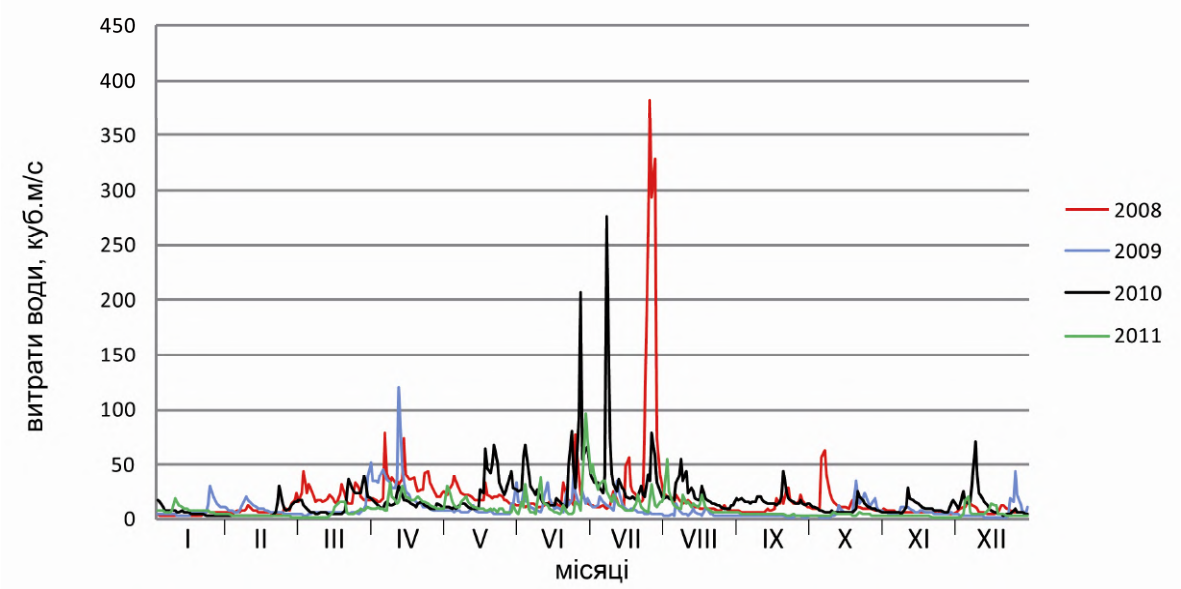


Рис. 1. Гідрографи стоку р. Прут (гідропост Яремче – 2008-2011 рр.)

- зміна клімату спричиняє періодично повторюване формування екстремальних факторів середовища (стресорів), таких як дуже високі / низькі температури повітря, висушування або перезволоження грунтів (особливо у періоди інтенсивного росту рослин), які обумовлюють виникнення в біотичних компонентах геосистем (біоценозах) стресів, наслідками яких є зниження стійкості та продуктивності лісових, лучних і аграрних екосистем, всихання ялинових лісів, поширення шкідників і хвороб. Темпи зміни кліматичних факторів можуть випереджати можливості біологічних видів адаптуватися до змінених умов середовища, що негативно впливатиме на життєвість та збереженість видів і, як наслідок, може призвести до збіднення біорізноманіття;

- збільшення частоти аномально великих атмосферних опадів за короткий проміжок часу призводить до формування паводків, зокрема і катастрофічних, а також розвитку процесів водної ерозії грунтів, зсувів, селів, руйнування берегів річок.

Паводки – це тимчасова акумуляція на денній поверхні значної кількості водяної маси з великою потенційною енергією, яка активно впливає на верхню зону геологічного середовища. Басейн р. Прут характеризується високим ризиком виникнення паводків і пов'язаних з ними процесів (руйнування берегів річок, затоплення територій). Значні паводки відбулися у 1911, 1927, 1941, 1955, 1969, 1980, 1988, 2002, 2008, 2010 роках. Ризики формування паводків, які охоплюють тільки басейни окремих річок, виникають через 2-3 роки [1].

Басейн Прута відноситься до територій з гірським розчленованим рельєфом, значною крутизною схилів, великою кількістю атмосферних опадів. За останні роки відмічається зростання кількості випадків сильних і дуже сильних дощів. Завжди є потенційний ризик формування паводків (зокрема і катастрофічних), що загрожує екологічній безпеці регіону.

Таблиця 1

Відхилення середньомісячної і середньорічної температури повітря від норми по метеостанції Яремче у басейні р. Прут, °С

Метеостанція, ВНРМ	Рік	Місяці												Середня за рік	Відхилення середньої за рік від середньо-багаторічної
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Яремче, 531,0 м	1990	4,1	6,1	4,9	0,3	-0,2	-0,3	0,0	0,5	-1,8	0,4	1,7	-0,6	8,2	1,3
	1991	2,9	-2,2	1,8	-1,5	-2,6	0,5	1,3	0,3	0,1	-1,1	0,4	-2,2	6,7	-0,2
	1992	2,1	1,4	1,5	0,2	-1,6	0,3	0,8	3,9	-1,3	-0,7	0,9	-0,6	7,5	0,6
	1993	2,9	-0,3	-1,3	-0,9	1,4	0,0	-0,4	-0,3	-1,4	1,2	-6,9	3,1	6,7	-0,2
	1994	5,9	0,3	3,0	1,7	-0,2	0,0	1,8	1,4	4,1	-1,1	-0,3	0,4	8,3	1,4
	1995	0,9	5,7	0,9	-0,5	-0,9	0,7	1,8	0,1	-0,6	1,3	-3,9	-4,1	7,0	0,1
	1996	-4,0	-3,7	-5,2	-1,2	2,8	1,5	-1,0	0,2	-3,5	0,0	3,4	-4,2	5,7	-1,2
	1997	-0,8	2,7	0,0	-4,1	1,0	0,3	0,0	0,2	-1,1	-1,8	0,3	0,3	6,7	-0,2
	1998	3,8	5,1	-1,6	2,3	-0,6	1,6	0,8	0,8	-0,3	0,1	-5,0	-2,3	7,3	0,4
	1999	3,9	1,3	2,0	1,4	-1,2	2,1	2,1	0,7	1,6	0,0	-1,7	1,8	8,1	1,2
	2000	-0,6	4,1	0,6	3,4	1,6	0,8	0,1	1,7	-1,9	1,4	3,5	3,4	8,4	1,5
	2001	2,3	2,0	2,4	0,7	0,7	-0,7	2,4	1,8	-0,7	2,4	-2,6	-1,4	7,7	0,8
	2002	2,3	6,4	3,2	-0,3	2,4	1,3	3,1	1,4	-1,1	-0,6	2,7	-4,7	8,3	1,4
	2003	0,1	-4,9	-0,9	-1,1	4,5	1,4	1,2	2,3	-0,4	-2,4	1,8	1,1	7,1	0,2
	2004	-1,2	1,3	1,2	0,8	-0,9	0,4	0,9	0,9	-0,6	1,7	0,2	1,1	7,4	0,5
	2005	2,0	-1,4	-1,8	0,6	0,8	0,0	1,5	0,7	1,0	0,4	-0,6	-0,2	7,2	0,3
	2006	-2,7	-0,6	-1,1	1,0	-0,2	0,3	2,0	1,3	1,5	2,2	2,0	3,4	7,7	0,8
	2007	7,1	2,1	4,0	0,8	2,7	2,5	2,8	2,3	-0,5	-0,1	-1,3	-0,9	8,7	1,8
	2008	2,3	4,3	2,1	1,3	0,6	1,5	0,8	2,6	-0,7	1,8	1,4	1,2	8,5	1,6
	2009	1,8	1,1	-0,1	2,9	0,6	1,4	2,2	1,8	1,6	-0,1	2,7	3,4	8,5	1,6
	2010	-2,7	0,3	1,3	1,3	1,8	1,8	2,3	3,3	-0,6	-2,7	4,9	-0,7	8,0	1,1
	2011	2,6	-0,6	0,8	1,1	0,5	1,7	1,7	2,0	2,4	-1,0	-1,3	3,4	8,1	1,2
	2012	1,0	-6,2	1,9	2,3	1,7	3,1	3,6	2,2	2,1	1,4	2,0	-2,1	8,8	1,9
	2013	1,5	1,4	-2,0	2,2	2,8	2,3	1,4	1,6	-1,0	2,4	3,4	2,8	8,5	1,6

Таблиця 2

Відхилення місячної і річної кількості опадів від норми у басейні р. Прут, мм

Метеостанція, ВНРМ	Рік	Місяці												За рік	Відхилення від середньо-багаторічної
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Яремче, 531,0 м	1990	-20	-2	-10	-8	-45	-60	-77	-26	-11	-10	11	6	679	-252
	1991	-7	-25	-27	-5	89	-23	85	-11	14	79	-15	2	1087	156
	1992	-17	-8	-13	1	-47	-6	22	-51	25	32	17	-15	871	-60
	1993	-2	-3	32	-18	13	-86	-5	-23	44	-14	-15	12	866	-65
	1994	-18	-1	8	-32	-19	8	-12	-34	-26	39	2	-3	843	-88
	1995	0	2	52	-29	-34	34	-69	81	3	-33	39	41	1018	87
	1996	-12	4	-20	116	-25	-88	-23	-14	122	27	-15	23	1026	95
	1997	-24	-9	-12	18	-24	-37	3	15	40	24	-4	5	924	-7
	1998	-17	-8	34	-4	68	37	28	-16	3	44	54	-15	1139	208
	1999	4	92	-29	37	-73	15	102	19	-5	6	-6	25	1118	187
	2000	10	-21	35	-25	-78	-63	10	19	10	-32	-29	-8	759	-172
	2001	-4	-1	63	1	-71	181	16	139	96	-17	77	9	1421	490
	2002	-16	10	63	-18	30	-39	-40	50	57	32	-17	-10	1033	102
	2003	12	22	0	-63	-35	-49	163	-74	-13	40	-10	-1	921	-10
	2004	11	37	-25	-43	-23	-52	124	93	-5	-8	32	-10	1062	131
	2005	13	0	-13	14	-11	3	20	201	-7	32	-10	-4	1169	238
	2006	-21	-5	79	-17	52	89	-54	108	-60	-12	-27	-27	1036	105
	2007	21	3	0	-29	1	-36	-12	15	98	39	11	-10	1032	101
	2008	-8	-12	38	65	-50	-2	342	-56	47	85	-12	12	1380	449
	2009	6	0	34	-43	-45	-8	-58	8	-45	85	-12	12	865	-66
	2010	7	7	12	-6	52	134	202	2	1	2	-1	44	1387	456
	2011	-13	-15	-11	-6	-45	71	57	6	-39	1	-42	2	897	-34
	2012	-9	-9	10	-17	17	-60	87	-31	-4	-8	3	-4	717	-214
	2013	12	4	60	-20	-83	15	-94	-10	6	-21	-12	-38	743	-188

Формування паводків спричинено природними і антропогенними чинниками.

Природні чинники:

- збільшення частоти випадання великої кількості опадів на значних територіях за короткий період (250-350 мм за 2-3 дні). Повторюваність таких опадів за останні 35 років зростає. Збільшення випадків сильних дощів пов'язано із глобальними змінами клімату;

- великі ухили русел рік і, як наслідок, велика швидкість стікання води до основних річок, що сприяє швидкому підняттю рівнів води;

- велика крутизна схилів (табл. 4) (переважають у гірських ландшафтах); за таких умов дощові води дуже швидко стікають у долини річок, спричиняючи значні витрати води і підняття рівнів води як у притоках, так і в р. Прут (див. рис. 1), затоплення заплав і надзаплавних терас.

Антропогенні чинники:

- руйнування первинної структури природних лісів, зниження лісистості території; корінні мішані різновікові деревостани з дуба, бука, ялини і ялиці замінені монокультурами ялини та простими одновіковими дубняками, букняками і яличниками, внаслідок чого просочування води у грунт зменшилося, а поверхневий стік збільшився;

- зниження водоакумулюючої ємності території; екологічно необґрунтоване освоєння території призвело до утворення великих площ угідь (рілля, сіножаті, пасовища, забудовані землі, дороги), на яких, внаслідок низької водопроникності грунтів, формується поверхневий стік. Крім того, при осушенні перезволожених грунтів побудована значна кількість відкритих каналів. Все це призвело до значного зниження водоакумулюючої ємності території. Атмосферні опади у вигляді поверхневого стоку швидко стікають у водотоки, формуючи паводки (у тому числі і катастрофічні);

- зниження повноти, спрощення видового складу, зміна вікової структури деревостанів, наземне тракторне трелювання деревини в лісах. Ці фактори призводять до зниження водорегулювальної функції лісів і, як наслідок, їх здатності зменшувати поверхневий стік, максимальні витрати та рівні води в річках у паводковий період. У лісовому фонді басейну переважають молодняки і середньовікові деревостани. У той же час найбільш високу водорегулюючу здатність мають стиглі деревостани;

- відсутність системи затримання (регулювання) поверхневого стоку на землях сільськогосподарського призначення;

- відсутність догляду за руслами річок і потічків (розчищення і поглиблення русел);

- відсутність споруд (перепади тощо) для зменшення швидкості стікання води в річках (у першу чергу річках I і II порядків).

Значна увага приділяється питанню впливу лісу на формування паводків. У зв'язку з цим, актуальним є вивчення залежностей між лісистістю території та формуванням паводків. Проведений нами аналіз матеріалів Карпатської селестокової станції свідчить, що величина модулів стоку залежить від лісистості водозборів (табл. 3). При лісистості водозбору 93 % (р. Жонка) модулі стоку в 1,6-2,1 раза менші, порівняно з водозборами з меншою лісистістю – 77 % (р. Прут) і 83 % (р. Чорногірчик). Таким чином, для зменшення паводкового ризику лісистість річкових басейнів у гірських ландшафтах повинна бути не нижчою 90 %.

Таблиця 3

Залежність модулів стоку від лісистості водозборів

Ріка-гідропост	Лісистість водозбору, %	Модуль стоку, л/с км^2					
		22.07	23.07	24.07	25.07	26.07	27.07
Прут-Яремче	77	1315	1517	2060	2315	1881	1502
Чорногірчик-Яремче	83	1066	1325	1909	2538	2116	1324
Жонка-Яремче	93	627	821	1034	1455	910	693

На підставі матеріалів спостережень на Закарпатській водно-балансовій станції також встановлено, що за відсутності на водозборах лісів максимальні витрати води у річках збільшуються на 14 %. На вкритих лісом водозборах (лісистість 100 %) максимальні витрати води і рівні води у річках знижуються майже у 3 рази. У гірських ландшафтах водорегулювальна функція лісу проявляється при лісистості водозборів не нижче 70 % [3].

Під впливом лісу інфільтраційна здатність грунту підвищується у 2-50 разів. Поверхневий стік на зайнятих лісом територіях складає менше 3 % кількості атмосферних опадів, а на безлісих місцевостях може перевищувати 60 %. Під впливом лісу поверхневий стік зменшується у 2-70 разів, а піки паводків знижуються у 10-20 разів [2].

Протягом 1700-1940 років паводки формувались через 25 років. Після значних рубок деревини, проведених в лісах протягом 1946-1960 років, паводки виникають через 4 роки. Внаслідок зміни клімату очікується наростання нестабільності погоди і збільшення випадків з інтенсивними опадами, що підвищує імовірність паводкових ризиків. Тому важливим є розроблення і впровадження заходів з протипаводкового захисту території, які повинні бути системними (комплексними), охоплювати всю територію басейну(ів) річок.

У басейні Прута побудовано значний протипаводковий комплекс. Однак, він базується тільки на регулюванні русел і річкового потоку (берегоукріплення, захисні дамби) і не забезпечує регулювання поверхневого схилового стоку на водозборах річок та підвищення водоакумулюючої ємності території. Наслідком відсутності ефективної системи управління паводками (протипаводкового захисту) є значні збитки від паводків.

Попередження формування паводків і управління ними (зменшення паводкового ризику) пов’язано із значними труднощами через несумісність затрат на необхідні протипаводкові заходи з економічними можливостями суспільства. Управління паводком – це система взаємопов’язаних заходів та управлінських рішень, які здійснюються у басейнах річок і спрямовані на зниження рівнів і витрат води у річках і, як наслідок, на мінімізацію збитків від проходження паводку. Управління паводками необхідно розробляти в єдиній системі інтегрованого управління річковим басейном. Система протипаводкових заходів передбачає пріоритетність заходів на водозборах річок, які забезпечують зменшення поверхневого схилового стоку і його перерозподіл у часі над регулювальними роботами у руслах річок і включає [3]:

- планування і конструювання геосистем у межах басейнів річок та їх приток усіх порядків, яке передбачає просторову організацію збалансованої структури і співвідношення природних і антропогенно модифікованих геосистем (лісових, лучних, орних селитебних). Для кожного басейну приток основних річок, а в їх межах для територій сільських (селищних) рад необхідно розробити проекти землеустрою з організацією території, яка забезпечує регулювання поверхневого схилового стоку і підвищення водоакумулюючої ємності території;
- розчищення і регулювання русел річок після проходження паводка (забір відкладів піщано-гравійної суміші, але не нижче встановленого для певної ділянки річки рівня);
- будівництво системи гідротехнічних споруд (перепади, ставки) на річках I-II порядків; водоакумулюючих ємностей у заплавах річок III-VI порядків; польдерів – на рівнинних ділянках річок;
- зміна цільового використання затоплюваних орних земель (переведення їх у сіножаті або пасовища);
- винесення об’єктів житлової забудови та виробничої інфраструктури за межі територій можливого затоплення, відселення людей;
- створення регіональної спостережно-інформаційно-управлінської моніторингової системи на основних річках та їх притоках.

Реалізація системи протипаводкових заходів забезпечить регулювання поверхневого схилового і руслового стоку, підвищення водоакумулюючої ємності території, зменшення швидкості стікання та періоду добігання води до русел і, як наслідок, зменшення величин максимальних модулів стоку у річках.

Таблиця 4

Розподіл території за крутизною схилів у басейні р. Прут (Івано-Франківська область)

Адміністративне утворення (район)	Площа		Крутизна схилів, град.															
			0-1		1-3		3-5		5-7		7-10		10-20		20-30		> 30	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Всього																		
Верховинський	127448,2	9,1	474,7	0,4	3068,8	2,4	5587,7	4,4	7988,1	6,3	16784,4	13,2	63685,1	50,0	25801,5	20,2	4039,6	3,2
Коломийський	102607,5	7,4	12152,3	11,8	41762,5	40,7	26070,9	25,4	11827,8	11,5	6598,4	6,4	3780,1	3,7	374,6	0,4	36,0	0,0
Косівський	92137,4	6,6	2898,2	3,1	13970,1	15,2	14578,4	15,8	11920,1	12,9	14768,6	16,0	27646,7	30,0	5952,5	6,5	397,4	0,4
Снятинський	60073,8	4,3	6611,4	11,0	24862,8	41,4	16103,9	26,8	7308,5	12,2	3963,2	6,6	1198,8	2,0	15,9	0,0	1,1	0,0
Сільськогосподарські угіддя																		
Верховинський	39562,8	6,9	214,8	0,5	1368,0	3,5	2417,3	6,1	3285,7	8,3	6451,2	16,3	19481,3	49,2	5606,0	14,2	738,4	1,9
Коломийський	52494,6	9,2	6385,9	12,2	22060,0	42,0	13878,7	26,4	6197,9	11,8	2998,1	5,7	907,3	1,7	53,4	0,1	13,4	0,0
Косівський	24522,8	4,3	1001,5	4,1	4600,7	18,8	4637,8	18,9	3621,7	14,8	4065,8	16,6	5876,5	24,0	697,6	2,8	21,1	0,1
Снятинський	42362,2	7,4	4573,7	10,8	17583,3	41,5	11593,8	27,4	5203,8	12,3	2700,4	6,4	691,3	1,6	14,7	0,0	1,1	0,0
Лісові землі																		
Верховинський	81020,7	13,1	145,9	0,2	1167,9	1,4	2575,8	3,2	4065,5	5,0	9207,7	11,4	41095,2	50,7	19544,6	24,1	3210,4	4,0
Коломийський	23007,1	3,7	1448,5	6,3	6678,8	29,0	5712,6	24,8	3448,8	15,0	2726,4	11,9	2649,8	11,5	318,9	1,4	22,6	0,1
Косівський	47928,2	7,7	489,1	1,0	3204,4	6,7	5171,1	10,8	5655,4	11,8	8659,6	18,1	19550,0	40,8	4854,3	10,1	341,5	0,7
Снятинський	4688,8	0,8	326,3	7,0	1269,2	27,1	1163,7	24,8	805,6	17,2	730,5	15,6	393,0	8,4	0,6	0,0	0,0	0,0

Висновки. Результати досліджень зміни клімату та його наслідків в межах української частини басейну р.Прут дозволили зробити наступні висновки:

- зміна клімату відноситься до екологічних ризиків, які визначають екологічну безпеку навколишнього середовища і розглядається як довготермінові зміни метеорологічних елементів;
- за останні 24 роки середня річна температура повітря в межах української частини басейну р.Прут підвищилася на 0,2-1,9°С;
- наслідки глобальних змін клімату проявляються у підвищенні частоти прояву екстремумів. В цілому збільшується кількість й тривалість як екстемально сухих так й екстемально вологих періодів;
- внаслідок зміни клімату очікується наростання нестабільності погоди і збільшення випадків з інтенсивними опадами, що підвищує імовірність паводкових ризиків;
- виділено й обгрунтовано природні і антропогенні чинники, що формують паводки в межах досліджуваної території;
- глобальне потепління клімату вимагає реалізації такої системи протипаводкових заходів, яка б забезпечила регулювання поверхневого схилового і руслового стоку, підвищення водоакумулюючої ємності території, зменшення швидкості стікання та періоду добігання води до русел;
-.управління паводками необхідно розробляти в єдиній системі інтегрованого управління річковим басейном. Забезпечення територіальної екологічної безпеки повинно бути вирішено при розробленні «Плану управління басейном р. Прут» і є задачею наших подальших досліджень.

Література

1. Архипова Л.М. Природно-техногенна безпека гідроекосистем: монографія / Л.М.Архипова. – Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2011. – 366 с.

2. Korchemlyuk M. Estimation of key pressures on Prut river basin in Ukraine Екологічна безпека. Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського/ M. Korchemlyuk, L. Arkhipova. - Кременчук: КрНУ, 2015. Випуск 1/2015(19). – С. 41-45 – http://www.nbuv. gov.ua/portal/natural/Ekol_bezpeka/index.html

3. Приходько М.М. Екологічна безпека природних і антропогенно модифікованих геосистем : монографія / М. М. Приходько. – К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2013. – 201 с.

ОЦІНКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

УДК 502.21:504

Москальчук Н. М.
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

ВІТРОВА ЕНЕРГЕТИКА – ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Охарактеризовано перспективи розвитку відновлювальних джерел енергії. Виділено впливи, яких зазнає навколишнє середовище від вітрових електростанцій. Проаналізовано ключові впливи, які повинні детально розглядатись в процесі ОВНС проектів вітроенергетики.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії, вітроелектростанції, ОВНС.

Охарактеризованы перспективы развития возобновляемых источников энергии. Выделено влияния, которые испытывает окружающуя среда от ветровых электростанций. Проанализированы ключевые воздействия, которые должны детально рассматриваться в процессе ОВОС проектов ветроэнергетики.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветроэлектростанции, ОВОС.

Characterized prospects for the development of renewable energy sources. Highlight impacts faced by the environment from wind farm. Analysis of key impacts that should be considered in detail in the EIA wind energy projects.

Keywords: renewable energy, wind farm, EIA.

Постановка проблеми. Запаси викопного палива в Україні є обмеженими. Обсяги вітчизняного виробництва нафти, газу та вугілля є замалими, щоб задовольнити наявний попит, тому країна залежить від імпорту всіх цих енергоносіїв. У 2010 році 65 - 70% загальної потреби задовольняли за рахунок імпорту газу, що і створює основну проблему з енергетичною безпекою країни. Також, зростає дефіцит вугілля, що впливає на електроенергетику. Хоча імпорт викопного палива може закрити такий дефіцит, це матиме фінансові наслідки. Також, потужність морських портів сьогодні становить лише 40% від загального обсягу вугілля, який буде необхідно імпортувати [5].

В Україні працює більше 30 електростанцій, включаючи великі ГЕС, з яких 14 є тепловими, 4 – атомними. Також працює 3 великі ТЕЦ [7]. Станом на 2013 р. в Україні було приблизно 54 ГВт потужностей електроенергетики. На вугілля припадало 40%, на атомну енергетику – 25%, при цьому приблизно 10% від загальної встановленої потужності становили великі ГЕС. Більшість ГЕС розташовані на основній річці Україні – Дніпрі. Більшість вугільних електростанцій розташовані у південно- східній частині України. Декілька– у центрі та на сході [2].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Об’єкти традиційної енергетики є причиною багатьох тисків на біосферу: впливу на повітря, клімат, води, ґрунти і живу природу, ландшафт, підвищення рівня шкідливого випромінювання. У зв’язку з цим, необхідним є перехід на відновлювальні джерела енергії, які істотно безпечніше порівняно з використанням викопного та ядерного палива пропонують рішення багатьох екологічних і соціальних проблем.

На кінець першої половини 2014 р. сукупна потужність об’єктів відновлюваної

© Москальчук Н. М., 2016

енергетики, які працювали за зеленим тарифом, досягла 1419 МВт, включаючи 497 МВт вітрових електростанцій, 819 МВт сонячних фотоелектричних станцій, 77 Мвт сонячних теплових станцій та 26 МВт станцій на біомасі та біогазі. В Україні працює 18 вітрових електростанцій. Сукупна потужність вітрової енергетики, що підключена до мережі, становить 371 МВт. Близько 20 та 40%, відповідно, від сукупної встановленої в країні потужності вітрової та сонячної фотоелектричної енергетики знаходяться на півострові Крим. Втім, станом на кінець 2014 року сукупна встановлена потужність об'єктів, що працювали за зеленим тарифом, становила 2007 МВт, що є збільшенням на 484 МВт або 32%. У 2014 р. на технології ВДЕ припадало 6,2% у структурі генерації електроенергії [2].

Україна має значний технічно-досяжний потенціал вироблення енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива, який становить понад 98,0 млн. т у. п. на рік.

Таблиця 1

Технічно-досяжний потенціал вироблення енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії [1]

Напрями освоєння ВДЕ	**Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал, млн. т у. п.**
Вітроенергетика	28,0
Сонячна енергетика, в тому числі	6,0
- *електрична*	2,0
- *теплова*	4,0
Мала гідроенергетика	3,0
Біоенергетика, в тому числі:	31,0
- *електрична*	10,3
- *теплова*	20,7
Геотермальна теплова енергетика	12,0
Енергія довкілля (теплові насоси)	18,0
Загальний обсяг заміщення ПЕР традиційних	**98,0**

В останній час в Україні на державному рівні прийнято ряд заходів щодо стимулювання впровадження відновлювальних джерел енергії: Закони України «Про альтернативні види палива», «Про альтернативні джерела енергії», «Про електроенергетику», «Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива» та ін. На сьогодні особливо акцентуються питання вивчення і розробки технічних особливостей використання відновлювальних джерел енергії. Водночас не досить глибоко досліджені питання екологічного впливу відновлювальних джерел енергії на навколишнє середовище.

Виклад основного матеріалу. У даній роботі розглядається особливості оцінки впливу на навколишнє середовище вітрових електростанцій (ВЕС). В останні роки енергія вітру все більше використовується для одержання електроенергії. Створюються вітряки великої потужності і встановлюються на місцевості, де дмуть часті й сильні вітри. Кількість і якість таких двигунів зростає щорічно, налагоджене серійне виробництво.

Процес будівництва української вітроенергетики розпочався у 1996 р., коли була запроектована Новоазовська ВЕС проектною потужністю 50 МВт. 1997 рік – запрацювала Трускавецька ВЕС. У 2000 р. в Україні працювало вже 134 турбіни та закладено близько 100 фундаментів під турбіни потужністю 100 кВт. Значне зростання будівництва вітроелектростанцій спостерігається з 2009 року, після запровадження Урядом України «Зеленого тарифу». Станом на 01.01.15 в Україні встановлена потужність вітроелектростанцій становила 514 МВт (лише 0,93 % від загального обсягу генеруючих потужностей), якими вироблено понад 1171 млн. кВт * г електроенергії у 2014 р. [1].

Впливи, яких зазнає навколишнє природне та соціально-економічне середовище від ВДЕ, в тому числі і від ВЕС, можна умовно поділити на три групи:

1. Загальні впливи від ВДЕ.

2. Впливи від загального будівництва.

3. Впливи від різних видів ВДЕ під час експлуатації.

Що стосується всіх проектів з використання відновлюваних джерел енергії, вони мають багато потенційних загальних впливів на ландшафт, біологічну різноманітність та місцеве населення, які мають бути розглянуті при виборі відповідного майданчику для проекту. Ці загальні потенційні впливи можуть включати:

- негативні впливи нових енергогенеруючих споруд та допоміжних об'єктів, таких як лінії електропередачі та під'їзні дороги, на якість ландшафту, навколишнє середовище та естетичний вигляд;

- утрату середовища існування, фрагментація ареалу та спрощення екосистеми, викликані впливом забудов, та пов'язані з цим потенційні несприятливі впливи на фауну і флору, що існують у цьому природному середовищі;

- зміну у землекористуванні та виникнення конкуренції за використання цінних земель (наприклад, вилучення земель із сільськогосподарського виробництва);

- впливи на природоохоронні території або вразливі райони та об'єкти культурної спадщини або археологічні пам'ятки;

- впливи на об'єкти місцевої інфраструктури та індивідуальної власності .

Впливи загальних будівельних робіт протягом етапу будівництва є характерні для всіх проектів. Основні впливи будівництва включають:

- вилучення та зміни у користуванні землею;

- видалення рослинності, зняття верхнього родючого шару ґрунту та виїмку ґрунту;

- викиди в атмосферу від транспортних засобів та будівельних машин, зварювальних та малярських робіт ;

- утворення пилу під час виконання земляних робіт;

- шум від транспортних засобів та будівельних робіт ;

- збільшене навантаження на існуючу місцеву інфраструктуру та підвищення інтенсивності дорожнього руху [4].

Питання, пов'язані з вилученням землі та змінами у землекористуванні, мають особливе відношення до вітрових та сонячних електростанцій, оскільки вони, зазвичай, потребують відведення великих земельних ділянок для розміщення щогл для вітроенергетичних установок та сонячних панелей.

Також важливо врахувати впливи пов'язаних проектів, таких як будівництво нових під'їзних доріг та ліній електропередачі.

Щодо особливих впливів від експлуатації вітрових електростанцій, то сюди слід віднести:

- вплив на ландшафт та візуальний вплив;

- вплив на фауну, особливо птахів та кажанів;

- шум;

- тінь мерехтіння.

Вплив на ландшафт та візуальний вплив. Спорудження вітрових електростанцій негативно впливає на якість ландшафту та естетичний вигляд високоякісних ландшафтів на великих площах землі. Вони сприймаються як нові, неприродні вертикальні споруди, які не гармоніюють з більшістю ландшафтів. На ландшафтах з вклиненими елементами, помітність таких споруд може бути обмеженою, але на рівнинних степових та орних ландшафтах вони будуть особливо помітні. Землі, які є природоохоронними об'єктами, і високоякісні ландшафти та середовище, що їх оточує, можуть бути особливо вразливими до цих впливів. З огляду на це, оцінка впливу на ландшафт та візуальна оцінка, можливо, є найважливішими, але й найбільш суб'єктивними. Перш за все необхідно провести характеристику ландшафту, визначити його якість і чутливість, наявність

природоохоронних, рекреаційних об’єктів чи територій. Далі проводиться оцінка впливу на ландшафт (як змінюється характер ландшафту і як це впливає на сприйняття його цінності), оцінка візуальної привабливості (як змінюється пейзаж і як це сприймається) [8].

Пом'якшення наслідків впливу на ландшафт може проводитись навіть на ранній стадії, конструкторські зміни можуть бути включені в проект ВЕС (наприклад, зміна місця розташування турбін, зниження висоти тощо), щоб зменшити вплив на особливо чутливі місця або ландшафтні зони.

Вплив на орнітофауну. Робота турбін та додаткові наземні лінії електропередач можуть спричинити зіткнення з ними птахів та кажанів, і це особливо стосується мігруючих птахів і маршрутів їх міграції. Вітрові електростанції можуть завдати шкоди птахам та кажанам двома основними шляхами: шляхом зіткнення із самими лопатями турбін та внаслідок збурення від зони турбулентного струменя повітря навколо них. Значні проблеми, пов’язані із зіткненням птахів, були зареєстровані на вітрових електростанціях у декількох країнах, особливо щодо хижих птахів. Однак дослідження також показують, що птахи та вітрові електростанції можуть співіснувати, якщо майданчик проекту обраний з урахуванням цих аспектів [6].

Вибору місця розташування вітрової електростанції повинні передувати заходи з запобігання впливів – моніторинг популяційних особливостей птахів: місця проживання, поведінки, маршрутів, висоти польоту. Якщо при виборі місця розташування вдалося уникнути чутливих областей та враховані місцеві особливості, установка вітроелектростанції не стане значною загроза для птахів.

До заходів з зменшення впливів від вітрових турбін вітроелектростанцій можна віднести також використання засобів відлякування птахів. На даний час відомі способи відлякування птахів за допомогою акустичних, візуальних, радіолокаційних пристроїв. Також відомі системи відлякування птахів внаслідок випромінювання імпульсів мікрохвильової енергії.

Шум. Протягом експлуатації вітроенергетичні установки можуть створювати шум та вібрацію. Є два типи шуму, який утворюється від вітрових турбін: механічний шум від коробки передач, генератора тощо і аеродинамічний шум від дії обертових лопатей. У нових моделях турбін, як правило, механічний шум значно менший, ніж аеродинамічний .

При оцінці шуму проводиться вимірювання фонового рівня шуму. Шум від вітрової турбіни вказується виробником на рівні звукового тиску від джерела на певній висоті над землею (як правило, 10 м). Від однієї вітрової турбіни це, зазвичай, від 90 до 100 дБ. На відстані 40м, це призводить до звукового тиску у 50-60 дБ, що приблизно на рівні розмови (табл.2). Перевагою рівня звукового тиску є те, що це об'єктивна та зручна міра інтенсивності звуку, а недоліком, що це далеко не точна міра, яка насправді сприймається.

Таблиця 2

Рівні шуму від різних видів впливу [8]

Вид шуму	Рівень, дБ
Больовий поріг	140
Реактивний літак на висоті 250 м	105
Пневматичний бур на відстані 7 м	95
Вантажівка зі швидкістю 50 км/год на відстані на 100 м	65
Діловий офіс	60
Автомобіль зі швидкістю 60 км/год на відстані на 100 м	55
Вітрова турбіна на відстані 350 м	35-40
Тиха спальня	20
Фон у нічний час у сільській місцевості	20-40
Поріг чутливості	0

Щодо вібрації, то чутливість до нижньої частоти вібрації значно варіюється між людьми, проте рівень вібрації, що генерується вітряними турбінами, лежить нижче порога сприйняття.

Запобігання шумового впливу повинно відбуватися шляхом дотримання нормативів рівня шуму, які залежать від рівня фонового шуму території. Коли рівень фонового шуму нижче 30 дБ, то у день шум не повинен перевищувати 35-40дБ, вночі 30-35 дБ. Якщо ж фоновий шум вище 40дБ, то шуму від турбін не повинен перевищувати фон більш ніж на 5 дБ. Заходи з пом'якшення мають включати зменшення кількості турбін, переміщення турбіни подалі від чутливих зон, або пристосування деталей турбіни (наприклад, додавання перегородки чи звукоізоляція корпуса генератор). Зміна виробника турбіни також може іноді допомогти [8].

Тінь мерехтіння. Ефект мерехтіння тіні виникає, коли лопаті ротора турбіни, обертаючись, періодично відкидають тінь на прилеглі житлові об’єкти, яка є видимою через отвори в будівлі, найчастіше —вікна. Ця проблема виникає при комбінації таких умов: ясна погода (у хмарну погоду тінь відсутня), сонце знаходиться низько над горизонтом (ранкові та вечірні години), вітрова турбіна знаходиться на шляху між сонцем і житловим приміщенням, відсутні інші перешкоди між сонячними променями і житлом, крім турбіни (наприклад, посадки дерев чи будівлі господарського призначення).

Визначено, що окремо взятий ефект мерехтіння викликає у деяких людей запаморочення, втрату рівноваги, нудоту, коли вони спостерігають рух тіні від ротора, чи рух самих лопатей. Для зменшення та запобігання даного впливу достатньо дотримуватись рекомендацій щодо відстані не меншої десятикратного розміру діаметра ротора, прописаних в європейських регулюваннях. Сучасні ротори мають діаметр близько 100 м, тому відстань у 1000 м є достатньою для подолання ефекту мерехтіння, у більшості випадків [3].

Проаналізувавши основні негативні впливи від ВЕС не потрібно залишати без уваги екологічні переваги, зокрема якість повітря. Викиди CO_2 є одним з основних причин глобального потепління, і складають близько третини від загального обсягу викидів при виробництві електроенергії з органічного палива. Поновлювані джерела енергії, такі як ВЕС, можуть знизити рівень забруднення навколишнього середовища. Це вплине на всі питання, пов'язані зі зміною клімату: підвищення рівня моря, ризику повеней, впливу на флору і фауну, у тому числі втрати місць проживання, наприклад, для болотних птахів.

Висновки. Основними висновками даного дослідження можуть бути такі:

- оцінку впливу ВЕС потрібно проводити на етапі проектування з метою прийняття управлінських рішень для подальшої її експлуатації;
- ОВНС може допомогти максимально мінімізувати негативні екологічні впливи;
- оцінювати необхідно тільки ключові впливи;
- ОВНС повинна бути об’єктивною та інформативною.

Література

1. Держенергоефективності України http://saee.gov.ua/

2. Дорожня карта розвитку відновлювальних джерел енергії в Україні 2030 року (REMAP 2030. Renewable Prospects for Ukraine), 2015.http://www.uwea.com.ua/

2. Запорожець О.І. Розрахунок відстані від вітроенергетичних установок для зменшення ефекту мерехтіння тіней на здоров’я людини / О.І. Запорожець А.В. Литвинюк // Наукоємні технології, 2012, № 4 (16). – С. 121-126

4. Посібник для девелоперів. (2014). Програма фінансування альтернативної енергетики України (USELF) http://www.uself.com.ua

5. Eurasia Daily Monitor (2014), Conflict Forces Coal-Rich Ukraine to Import More Coal to Ease Shortfalls. Eurasia Daily Monitor Volume 11, Issue 194. 31 October 2014. The Jamestown Foundation, Washington, DC

6. Guidelines on the Environmental Impact Assessment for Wind Farms (2010), Belgrade.https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/eia/documents/EIAguides/Serbia_EIA_windfarms_Jun10_en.pdf

7. Korniush, S. (2012), Power system of Ukraine. Electricity Stakeholder Event on Transit and Cross-Border Cooperation. Energy Charter Secretariat, 28 March 2012. Brussels http://www.encharter.org/fileadmin/user_upload/Conferences/2012_March/ Power_System_of_ Ukraine.pdf

8. Stevenson R. Environmental Impact Assessment for Wind farms. http://gse.cat.org.uk/downloads/Environmental_Impact_Assessment_Consenting_Process_Windfarms.pdf

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ

УДК 502.175+502.51

Качала С. В.
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

ПРОБЛЕМАТИКА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ

Конкретним фундаментальним завданням в рамках даного дослідження є обгрунтування та розвиток методики експрес-оцінки сценаріїв освоєння гідроекологічного потенціалу рік, включаючи порівняльний аналіз різних сценаріїв розвитку ситуації. Приведені дослідження особливо актуальні в басейні Дністра, який має великий неосвоєний гідрологічний потенціал і потребує збереження екосистеми рік. Одноманітна оцінка всіх водних об'єктів дозволить науковим, екологічним, громадським організаціям і експертним товариствам пропонувати більш збалансовані пропозиції для формування стратегії регіонального розвитку та збалансованого ресурсокористування.

Ключові слова: гідроекологічний ризик, комплексна оцінка, водний об'єкт, системний підхід, басейн ріки.

Конкретным фундаментальным заданием в рамках данного исследования является обоснование и развитие методики экспресс-оценки сценариев освоения гидроэкологического потенциала рек, включая сравнительный анализ различных сценариев развития ситуации. Приведенные исследования особенно актуальны в бассейне Днестра, который имеет большой неосвоенный гидрологический потенциал и нуждается в сохранении экосистемы рек. Однообразная оценка всех водных объектов, позволит научным, экологическим, общественным организациям и экспертным обществам формулировать более сбалансированные предложения для формирования стратегии регионального развития и сбалансированного ресурсопользования.

Ключевые слова: гидроэкологический риск, комплексная оценка, водный объект, системный подход, бассейн реки.

A specific fundamental objective in this study is the justification and development of techniques of rapid assessment Hydroecological potential development scenarios of rivers, including the comparative analysis of different scenarios.

Presented studies especially relevant in the basin Dniester, which has a large untapped hydrologic potential and requires rivers ecosystem conservation. Equable assessment of all water bodies, will allow the scientific, environmental, public organizations and expert associations to formulate a more balanced proposal to create a regional development strategy and balanced resource use.

Keywords: hydro ecological risk, comprehensive assessment, water object, system approach, watershed.

Постановка проблеми. Для того щоб сформулювати та визначити ступінь гідроекологічного ризику необхідно, першочергово визначити поняття цього явища. Гідроекологічний ризик - це ймовірність виникнення негативних наслідків від сукупності шкідливих впливів на гідроекосистему. Системний підхід до визначення гідроекологічного ризику передбачає комплексність підходу до проблематики. Таким чином було запропоновано комплексний спосіб визначення гідроекологічного ризику.

© Качала С. В., 2016

Спосіб належить до природно-техногенної безпеки, екології комплексної оцінки гідроекологічного ризику в межах басейну водного об'єкту, який включає вплив гідрорежиму, ступеня трансформації водної екосистеми, блокування басейну, фрагментації, екологічний стан басейну та якісний стан водних ресурсів на функціонування водних екосистем. Даний спосіб визначення ступеня гідроекологічного ризику може бути використаний для оцінки функціонування водної гідроекосистеми в природних умовах та для прогнозування зміни стану водного об'єкту за умови зміни сценарію.

Аналіз останніх досліджень. Масштабні дослідження взаємозв'язку між кліматичними факторами та коливаннями рівнів водних об'єктів проводяться на глобальному рівні по всьому світу. Прогнозні тенденції змін у водних об'єктах в Україні досліджували численні українські та закордонні вчені (IPCC; Крістенсон, 2007; Колісник, 1986; Кирилюк, 2001).

Найвидатніші дослідження проведені Міжурядовою групою експертів з питань змін клімату (IPCC), які представили прогноз ряду наслідків для водних об'єктів України у зв'язку із кліматичними змінами.

Однак, в зв'язку з відсутністю в Карпатському регіоні стабільних постів спостережень одночасно за метеокліматичними та гідрологічними параметрами, прогнозні тенденції змін у водних об'єктах на локальному рівні якісних і кількісних показників, що зумовлюють гідроекологічні ризики, потребують удосконалення із застосуванням сучасних методів досліджень.

Вагомий внесок у вирішення проблеми контролю і прогнозування паводкових вод, з метою забезпечення екологічної безпеки довкілля, зробили у своїх наукових працях українські вчені О.С. Волошкіна, О.І. Лук'янець, Л.М. Архипова, М.М. Сусідко, М.І. Кирилюк, О.М. Адаменко, Я.М. Семчук, М.М. Приходько, а також зарубіжні вчені Егидарев Е.Г., Рогалев В.А., Дикарев В.И. (Росія), К. Крістенсен (Данія), Moss Ian (Canada), Wang Zhenyu, He Zhiguo (China), B. Zadrozny, K. Mantripragada (USA), Ward R.C. (UK) [1].

Аналіз попередніх досліджень показує, що роботи? котрі проводились у цій сфері, як правило не охоплювали весь спектр необхідних компонентів та їх взаємозв'язок. Головним не достатньо вивченим аспектом існуючих досліджень є недостатня реалізація екосистемного підходу до вирішення проблем комплексного визначення та прогнозування гідроекологічного ризику, створення умов гармонійного функціонування гідроекосистеми.

Методика досліджень. Метою даного долідження є наукове обґрунтування комплексного підходу до визначення гідроекологічного ризику методом басейнового підходу, шляхом вдосконалення системи оцінки басейну, пропозицією вдосконалення автоматичних інформаційно-вимірювальних систем, що призведе до покращення функціонування гідроекосистеми, розширить можливості дослідження та прогнозування гідроекологічного ризику та підвищить рівень екологічної безпеки регіону. Приведений спосіб оцінки гідроекологічного ризику може знайти застосування в екологічному нормуванні, екологічній експертизі, екологічному аудиті, при оцінці небезпеки та прогнозуванні показника ризику та різних його складових, розробці водоохоронних заходів, плануванні освоєння басейнів річкових систем та при прогнозуванні гідроекологічних ризиків різного генезису.

Відомий спосіб визначення коефіцієнту екологічної збалансованості, який полягає у басейновому підході до визначення гідроекологічної збалансованості території і включає врахування таких показників, як показник лісистості, відсоток лісових угідь та відсоток водних угідь у розрахунку коефіцієнта екологічної збалансованості. Проте спосіб не забезпечує оцінку ступеня гідроекологічного ризику через обмеженість показників для визначення екологічної цілісності території за басейновим підходом, а саме: показник

якості поверхневих вод, показник трансформації водних екосистем. Також спосіб недостатньо тісно пов'язаний саме з водним об’єктом, як ключовим елементом басейну.

Згідно із ключовим законом природокористування внутрішньої динамічної рівноваги – речовина, енергія, інформація і динамічні якості (гомеостаз, стійкість, надійність) окремих природних систем тісно зв’язаних і будь-яка зміна цих складових призводить до розвитку природних ланцюгових реакцій у напрямку нейтралізації змін або формування нових систем. При цьому навіть слабка зміна одного з екологічних компонентів може викликати незворотні зміни всієї природної системи в цілому. У зв’язку з цим, для раціонального управління природними ресурсами у процесі природокористування виникає необхідність у інтегральному підході до використання того чи іншого ресурсу і обов’язковому екологічному нормуванні обсягів та інтенсивності його використання. За умов порушення функціонування компонентів гідроекосистеми постає задача пошуку критичного поля ризику, що призводить до виведення гідроекосистеми із стану рівноваги (гомеостазу).

В основу дослідження поставлена задача розробки способу визначення ступеня гідроекологічного ризику шляхом визначення інтегрального показника комплексного гідроекологічного ризику та оцінки за його значенням ступеня гідроекологічного ризику за сукупністю природних та техногенних факторів. Це дозволить більш повно оцінити стан басейнової гідроекосистеми, достовірно визначити імовірність її порушення і, відповідно, більш предметно застосувати комплекс заходів щодо зниження ризику негативних наслідків впливу на гідроекосистему.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що у способі визначення ступеня гідроекологічного ризику, що включає виміри та визначення характеристик стоку із врахуванням таких фізико-географічних факторів, як шар стоку, модуль стоку, площа водозбору, відносна болотність, відносна лісистість, відносна розораність, за якими розраховують коефіцієнт дружності весняної повені, а також згідно із заявленим способом, додатково визначають з використанням ГІС-технологій просторові та гідрологічні параметри, такі як, зміна гідрологічного режиму і екосистеми, заплави в нижніх б’єфах гребель аж до гирла (IMPflood), трансформація водних екосистем внаслідок затоплення (IMPres), блокування річкового басейну, в тому числі перетин шляхів міграції біологічних видів (IMPblock), фрагментація басейну (IMPfrgm), розраховують коефіцієнти екологічного дисбалансу басейну ріки (Kedb), що включає прогнозний коефіцієнт дружності весняної повені, а також розраховують коефіцієнт якості води (FCQ), на підставі отриманих даних визначають інтегральний показник комплексного гідроекологічного ризику (Rhe), а ступінь гідроекологічного ризику оцінюють за наступною шкалою:

$Rhe < 0,2$ – еталонний стан;

$0,2 < Rhe < 0,4$ – зона оптимуму;

$0,4 < Rhe < 0,6$ – зона песимуму;

$0,6 < Rhe < 0,8$ – кризова зона;

$Rhe > 0,8$ – зона екологічного лиха.

Введення у спосіб для визначення інтегрального показника комплексного гідроекологічного ризику додаткових показників, а саме, гідроекологічних, якісних (органолептичних, фізичних, хімічних, біологічних, токсикологічних, санітарного стану), дозволить з більшою імовірністю визначити ступінь гідроекологічного ризику. Отриманий ступінь ризику для певної басейнової одиниці, при динамічності всіх складових, може використовуватись для оцінки ступеня екологічного ризику об’єктів-аналогів. Введення спеціально розробленої шкали для оцінки гідроекологічного ризику дасть можливість використання простого методу встановлення пріоритетів, де певні райони чи ділянки гідроекосистеми, які відповідають визначеним стандартам якості навколишнього середовища, без подальшого втручання, можуть вважатись еталонними, в той час як інші

ділянки гідроекосистем можуть ранжуватись і оцінюватись в залежності від ступеня гідроекологічного ризику.

Результати досліджень. При здійсненні цього способу визначають показники вимірювання гідрорежиму, що включають корисний об'єм водосховищ, для чого використовують дані з документів певних водосховищ, розраховують сумарний корисний об'єм всіх водосховищ вище створу, з постів спостережень і гідроекологічних довідників, використовують дані для визначення стоку 50% забезпеченості, розраховують ступінь регулювання стоку на ділянці, з даних топокарт, дешифрування КЗ визначають площу заплави на ділянці, обчислюють зміну заплавних екосистем на ділянці, і на підставі отриманих даних, розраховують показник IMPflood як зміну заплавних екосистем у сценарії.

Показник трансформації водних екосистем внаслідок затоплення IMPres визначають наступним чином. З документів по водосховищам використовують дані для визначення максимальної площі водосховища, далі розраховують сумарну площу всіх водосховищ вище розрахункового створу у певному сценарії, використовуючи дані топокарт і ГІС-розрахунки. На підставі отриманих даних обчислюють показник трансформації водних екосистем IMPres, як відношення площі водосховища або водосховищ до площі всіх водних екосистем вище створу.

Показник блокування басейну IMPblock визначають на підставі обчислення використовуючи ГІС-моделювання, площу ділянок басейну річки вище певного створу, заблокованих вище побудованих за сценарієм (n) гребель та площу басейну вище даного створу. Показник IMPlock розраховують як відсоток водозабору, блокований греблями вище створу. Для визначення показника фрагментації IMPfrgm використовують дані ГІС-моделювання і обчислення площі частин басейну ріки, на які фрагментований греблями басейн в сценарії, та загальної площі басейну головної ріки. Для визначення коефіцієнту екологічного дисбалансу Kedb використовують дані ГІС-моделювання, і обчислень відсотка орних земель, відсотка лісових угідь, відсотка водних угідь, відсотка заболоченості територій, а також дані прогнозного коефіцієнта дружності весняної повені.

Коефіцієнт відповідності якості води FCQ визначають на підставі розрахунків комплексного індексу потенціалу якості як перевищення допустимих значень над фактичними (концентраціями, одиницями, балами і т.ін.) та віднімаються коефіцієнти дефіциту запасу показників (відносна величина нестачі резервуару), що розраховують як перевищення концентрацій (або інших вимірів) над допустимими значеннями. Результат ділиться на кількість використаних показників і згодом знаходиться його співвідношення із показниками оптимуму, що визначає частку відхилення від норми. Інтегральний показник комплексного гідроекологічного ризику Rhe розраховують на підставі спеціально розробленої автором формули, де підсумовуються всі визначені вище параметри.

Вирішення поставленої задачі ґрунтувалось на математичній обробці масиву статистичних даних результатів аналізів поверхневих вод, паспортних даних басейну ріки, та визначення параметрів із застосуванням ГІС-технологій. Таким чином, по аналізу басейну ріки та проведення ряду порівняльних аналізів для басейну ріки отримані дані були згруповані та внесені в зведену базу даних. Таким чином був отриманий комплексний показник гідроекологічного ризику Rhe.

Висновки. Розроблений спосіб дозволяє дати оцінку ситуації стану басейну. При цьому гідроекологічною нормою вважаємо мінімальне оптимальне значення, яке не виходить за межі реакцій пристосування для підтримання гомеостазу. Такий алгоритм дозволяє дати оцінку ситуації стану басейну. При цьому гідроекологічною нормою вважаємо мінімальне оптимальне значення, яке не виходять за межі реакцій пристосування для підтримання гомеостазу.

Опираючись на взаємозв'язок причин та наслідків виникнення гідроекологічних ризиків, даний підхід включає в себе структурні показники, що дозволяють в повному

обсязі оцінити можливий ризик та шляхом заміни показників, визначати динаміку зміни поведінки гідроекосистеми.

Література

1. Архипова Л.М. Природно-техногенна безпека гідроекосистем: монографія/ Л.М. Архипова –Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2011.–366 с.

2. Приходько М.М., Приходько Н.Ф., Пісоцький В.П. та інші. Наукові основи басейнового управління природними ресурсами (на прикладі річки Гнила Липа). Монографія за редакцією М.М. Приходька. – Івано-Франківськ, 2006. – 270с.

3. Рудько Г.І., Консевич Л.М. Наукові основи екологічної оцінки та оптимального використання гідроресурсів Карпатського регіону України Г.І. Рудько, Л.М. Консевич - К.: Знання, 1998.

ЗБАЛАНСОВАНЕ РЕСУРСОКОРИСТУВАННЯ

УДК (574+502):55

Манюк О. Р.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЩОДО ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

В роботі на основі проведених досліджень науково обґрунтовано теоретично досяжні рівні енергетичного потенціалу відновлювальних джерел енергії в Івано-Франківській області. В результаті встановлено теоретично можливий рівень потенціалу відновлювальних джерел енергії на рівні 340,5 тис. тонн умовного палива, що в свою чергу дасть можливість зменшити споживання природного газу в Івано-Франківській області на 17 %.

В цілому ж структура енергетичного потенціалу відновлювальних джерел енергії Івано-Франківської області розподілилась наступним чином: 32 % в структурі відновлювальних джерел енергії в області становитиме енергія біомаси, 26 % – енергії довкілля, 23 % – енергії вітру, 14 % – сонячна енергія, 3 % – мала гідроенергетика та 2 % – енергія біогазу.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії, довкілля, енергетичний потенціал.

В работе на основе проведенных исследований научно обоснованно теоретически досягаемые уровни энергетического потенциала возобновляемых источников энергии в Ивано-Франковской области. В результате установлен теоретически возможный уровень потенциала возобновляемых источников энергии на уровне 340,5 тыс. тонн условного топлива, что в свою очередь даст возможность уменьшить потребление природного газа в в Ивано-Франковской области на 17%.

В целом структура энергетического потенциала возобновляемых источников энергии Ивано-Франковской области распределилась следующим образом: 32% – в структуре возобновляемых источников энергии в области будет представлять энергия биомассы, 26 % – энергия окружающей среды, 23 % – энергии ветра, 14 % – солнечная энергия, 3 % – малая гидроэнергетика и 2%– энергия биогаза.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, окружающая среда, энергетический потенциал.

During the work on the basis of the conducted researches it was scientifically reasonably theoretical accessible levels of renewal energy sources power potential in the Ivano-Frankivsk region. As a result the theoretical possible level of renewal energy sources potential was set at the level of 340,5 thousand of tons of conditional fuel which will enable to decrease the consumption of natural gas in the Ivano-Frankivsk region on 17%.

In general the structure of renewal sources power potential of the Ivano-Frankivsk region was distributed in that way: 32% in the structure of renewal energy sources in region is the energy of biomass, 26% – the energies of environment, 23% – the wind power, 14% – the sun energy, 3% – small hydroenergetics and 2% – energy of biogas.

Keywords: renewal energy sources, environment, power potential.

© Манюк О. Р., 2016

Вступ та актуальність проблеми. Протягом останніх років Україна перебуває в глибокій енергетичній кризі, викликаній прискоренням розвитку енергоємних галузей господарського комплексу, марнотратним використанням наявних енергоносіїв, відсталими технологіями, виснаженням і деградацією розвіданих покладів вуглеводнів. В такій ситуації скорочення споживання природного газу є однією з найбільш суттєвих проблем держави. Без сумніву, Україна має значний потенціал нетрадиційних джерел енергії. Для його використання розроблена низка державних програм, головною з яких є "Програма державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики" [6]. Цими програмами передбачається розвиток та використання наступних нетрадиційних відновлювальних джерел енергії (НВДЕ) і нетрадиційних позабалансових енергетичних ресурсів (НПЕР): енергії вітру (будівництво ВЭС); гідроенергії (переважно шляхом будівництва малих і міні- ГЕС); геотермальної енергії (глибинного тепла Землі); енергії сонячного випромінювання; біомаси, біогазу; вугільного метану; вторинного тепла промислового виробництва; пальних твердих побутових і промислових відходів і ін.

На жаль існуючі технології НВДЕ не є досить досконалими, мають різний рівень економічної ефективності та різний технічний рівень. Однак всі вони мають такі визначні переваги як дуже низький рівень (або зовсім не мають) викидів парникових газів і мають невичерпний (відновлюваний) запас палива необхідний для їх реалізації. Деякі з цих технологій вже сьогодні є конкурентоспроможними і є всі підстави сподіватись, що в майбутньому їх економічна ефективність буде зростати на фоні зростання ціни і ускладнення умов видобутку традиційних енергоресурсів.

Широке застосування технології відновлювальної енергетики, адаптуючи їх використання до місцевих умов, надаючи перевагу різним видам ВДЕ, може бути одним із шляхів суттєвого скорочення споживання природного газу, що і обумовлює високу актуальність проведених нами досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Значну увагу в своїх дослідженнях приділяють питанням енергозбереження та широкого використання поновлюваних джерел енергії в структурі енергоспоживання такі вчені, як О. Адаменко, С. Денисюк, В. Долинський, Г. Гелетуха, В. Дубровін, Т. Желєзна, М. Жовнір, В. Зінченко, М. Кабат, Г. Калетнік, М. Калінчик, М. Ковалко, Ю. Матвєєв, І. Стояненко, С. Циганков, А. Шидловський та інші [1-5].

Проте, ще не має повного обґрунтування оптимальних умов та шляхів переходу від традиційних енергетичних ресурсів до поновлюваних джерел енергії на державному рівні. На жаль багато ключових питань майбутнього енергетики до останнього часу розглядаються в Україні з використанням традиційних підходів минулих років, які передбачають тиражування та модифікацію вже відомих та випробуваних рішень.

Метою ж нашого дослідження є оцінка стану й перспективи розвитку та використання альтернативних джерел енергії в Івано-Франківській області, як передумови зміцненню енергетичної незалежності держави шляхом **зменшення споживання природного газу.**

Виклад основного матеріалу досліджень. До сучасних технологій виробництва нетрадиційних джерел енергії з метою енергозбереження, згідно статистичної інформації, якою оперують міжнародні статистичні організації, зокрема Міжнародна Енергетична Агенція (IEA), слід віднести [3]: гідропотенціал рік (включаючи роботу гідроакумулюючих електростанцій (ГАЕС); біомасу (більш точно тверде паливо з біомаси); геотермальну енергію; тверді горючі відходи міст та ВЕР промисловості і сільського господарства; енергію припливу та хвиль океану; вітрову енергію; біогаз (газ, який одержується в результаті анаеробної діяльності бактерій з використанням різної сировини та відходів життєдіяльності тварин та людей); сонячну енергію на основі технологій: фотоелектричні перетворювачі та СЕС (теплові); інші вторинні горючі відходи (муніципальні та промислові), як не поновлювані ресурси.

Отже, проаналізуємо стан та обґрунтуємо оцінку енергетичного потенціалу відновлювальних джерел енергії Івано-Франківської області, для цього перш за все оцінимо енергетичний потенціал використання в області сонячної енергії.

Хоча територія Івано-Франківської області, в порівнянні з іншими регіонами України, має один з найменших рівень енергії сонячного потоку, проте він є безсумніву достатній для спорудження сонячних електростанцій і використання сонячної енергії. На нашу думу, сонячна енергія може використовуватися безпосередньо на потреби в індивідуальних, малоквартирних і готельних будинках, а також при потребі в будинках бюджетної сфери та сфери виробництва і послуг на підігрів води для побутових потреб за допомогою сонячних колекторів, що розміщуватимуться здебільшого на дахах будинків.

Розрахунок технічного потенціалу сонячної енергії (сонячних колекторів) проведено згідно існуючих вимог, приймаючи наступні припущення:

– питома сонячна енергія (при горизонтальній орієнтації поверхні колектора) - 750 кВт.год./м колектора на рік;

– поверхня колектора, що припадає на одну особу - 1,5 м^2 (це задовольняє потребам в теплій воді близько на 60 %),;

– відсоток малоквартирних будинків, що придатні до облаштування на них сонячних колекторів – 30 %;

– відсоток індивідуальних будинків, що придатні до облаштування на них сонячних колекторів – 85 %;

– кількість енергії на місце проживання в готелі для забезпечення нагрітою водою - 375 кВт.год. на рік (в розрахунках приймається 50% використання сонячної енергії);

– відсоток готельних місць, що придатні до облаштування сонячних колекторів – 50 %.

Розрахунок технічного потенціалу сонячної енергії розраховуємо за наступною формулою [2]:

$$E_c\left[МВт.год/рік\right]=\left(B_{бр}\times M_{бр}\times 750\times 1{,}5\times 0{,}85+\sum B_i\times M_i\times 375\times 1{,}5\times 0{,}5\right)/1000\,, \quad (1)$$

де: $B_{бр}$ - кількість міських малоквартирних будинків, що не під'єднані до систем центрального обігріву;

$M_{бр}$ - середня кількість мешканців в таких будинках;

$B_{ор}$ - кількість індивідуальних будинків сільської місцевості, що не під'єднані до систем центрального обігріву;

$M_{ор}$ - середня кількість мешканців в індивідуальних будинках;

B_i - кількість будинків сфери освіти, охорони здоров'я та культури і готельних;

M_i - середня кількість споживачів гарячого водопостачання у цих закладах відповідно.

Отже, проведені нами розрахунки за відповідною формулою показали, що використання сонячних колекторів для підігріву води по області зекономить близько 48,5 тис. т. у.п.

Наступним видом відновлювального джерела енергії, який оцінювався нами – мала гідроенергетика. Потенціал цього виду енергії розраховувався нами з використанням середнього багаторічного припливу SSQ для окремих річок, а також величини напору на існуючих або запланованих водяних греблях. Теоретичний потенціал потужності малої гідроенергетики розраховуємо наступним чином [2]:

$$P_в\left[кВт\right]=9{,}81\times SSQ\times H_н\,, \quad (2)$$

де: SSQ - середній багаторічний приплив ріки (м /с);

H_H - напір води на греблі, м.

Проте слід зазначити, що технічний потенціал енергії води залежить від багатьох природних та антропогенних чинників, які впливають на рівномірність припливу води в часі, а також від справності споруд і устаткування. Тому приймаємо коефіцієнт використання енергії води – 40 %. Відповідно величина потенціалу енергії води визначатиметься за формулою:

$$E_{ев}[МВт.год/рік] = P_в[кВт] \times 8760[год./рік] \times 0{,}4/1000. \quad (3)$$

Без сумніву основний гідропотенціал зосереджено в гірських річках Карпат. Тому впровадження проектів будівництва ГЕС на малих річках дасть змогу отримувати щорічно, згідно проведених розрахунків– 72070 тис. кВт*год. електроенергії. Відповідно технічний потенціал енергії малих рік становить 9,4 тис. т у.п./рік.

Далі оцінимо технічно досяжний потенціал енергії, виробленої на вітрових електростанціях області. Так, в Івано-Франківській області є ряд територій, на яких є земельні площі з середньорічними швидкостями вітру на висоті 80 м - 6,0-7,5 м/сек., що є достатньою передумовою будівництва промислових вітроелектростанції з використанням сучасних потужних вітроустановок.

Коефіцієнт використання номінальної потужності для даної території становить– 0,2. В результаті впровадження проектів вітроелектростанцій в області загальна потужність вітроустановок становитиме 346 МВт. Відповідно технічно досяжний потенціал енергії, виробленої на вітрових електростанціях, сягатиме 79,2 тис. т у.п.

Наступним оцінимо технічно досяжний потенціал енергії довкілля. Цю **е**нергію можна використовувати двома основними способами. Перший з них пов'язаний з відбором енергії від термальних підземних вод з природних витоків на земну поверхню або з відповідних геотермальних свердловин. При цьому, для відбору енергії необхідно будувати спеціальні геотермальні станції і забезпечити використання теплової енергії споживачами в безпосередній близькості від геотермальних джерел. На жаль на даний час в області відсутні умови для освоєння термальних підземних вод, тому їхній енергетичний ресурс наразі нами не розглядається.

Другий спосіб пов'язаний з використанням теплових насосів для повітряно-приповерхневого або свердловинного відбору енергії ґрунту та атмосфери. Теплові насоси переважно застосовуються для обігріву індивідуальних будинків – готелів. Технічний потенціал використання теплових насосів залежить від конкретних умов розташування будинків, властивостей ґрунту, або водоймища і технічних характеристик обладнання.

При визначанні технічного потенціалу енергії довкілля нами застосовані наступні передумови:

1. Енергія буде використовуватися безпосередньо на потреби в індивідуальних, малоквартирних і готельних будинках, а також, при необхідності, в будинках бюджетної сфери та сфери виробництва і послуг (створення окремих геотермальних станцій не розглядається).

2. Енергія використовуватиметься на підігрів води для побутових потреб та обігрів приміщень при допомозі теплових насосів (10 кВт встановленої потужності на один індивідуальний будинок), що розміщують в будинках. Кількість енергії на один готельний будинок – 10,95 МВт-год. на рік (в розрахунках приймається середньорічно 12,5% використання встановленої потужності).

Технічний потенціал енергії довкілля (розраховується на основі даних про житловий фонд області) технічно досяжний потенціал цієї енергії, згідно проведених досліджень, сягатиме 87,6 тис. т.у.п. При цьому слід зауважити, що технічний потенціал довкілля (теплові насоси) визначено по відношенню до існуючої забудови і не враховує нове будівництво, яке можна відразу планувати з використанням теплових насосів і таким чином збільшувати відсоток ВДЕ в структурі споживання енергії.

При визначенні енергетичного потенціалу біомаси регіону розглядається солома, деревина і вирощування енергетичних рослин. Величину продукції соломи ($Z_{сол}$) можна

вирахувати на основі даних про посіви та збір зернових. Для цього випадку застосовуємо для розрахунку наступну формулу:

$$Z_{сол}[тон/рік] = \sum (A_з[га] \times I_{сз}[тон/га] \times I_{св}), \quad (4)$$

де: $A_з$ - площа вирощування зернових культур;

$I_{сз}$ - величина збору соломи відносно площі вирощування;

$I_{св}$ - відсоток залишку соломи, що придатна для енергетичного використання.

Для співставлення отриманих результатів продукцію соломи нами вирахувалось і за іншою формулою наступним чином:

$$Z_{сол}[тон/рік] = \sum (P_з[тон] \times I_{сз} \times I_{св}), \quad (5)$$

де: $P_з$ - валовий збір зернових,т;

Іс-з - відсоток соломи по відношенню до зерна.

Вважається, що без шкоди для сільськогосподарського виробництва 10-30% від загальної кількості соломи зернових культур і ріпаку може бути використано для енергетичного використання. Відповідно розрахунок технічного потенціалу енергетичного використання соломи з врахуванням результатів розрахунків попередньо наведених формул здійснювалось за формулою:

$$E_{сол}[МВт.год/рік] = Z_{сол}[т/рік] \times Q_{сол}[кВт.год/кг], \quad (6)$$

де: $Z_{сол}$ [тон/рік] - середньорічна кількість енергетичної соломи;

$Q_{сол}$ - середня теплота згоряння соломи.

Згідно проведених нами розрахунків ефект від залучення надлишку соломи до виробництва теплової енергії становить 45,5 тис. т у.п.

Оцінимо енергетичний потенціал відходів деревини для енергетичних цілей з лісового господарства регіону. Без сумніву Івано-Франківщина багата на різні види біопалива. Оскільки біопаливо - найбільш ефективний захід по заміщенню дефіцитного та дорогого природного газу. Відповідно кількість деревини ($Z_д$) для енергетичних цілей з лісового господарства регіону розраховано наступним чином [2]:

$$Z_д[м^2] = \sum (Z_{дв}[м^3]), \quad (7)$$

де: $Z_{дв}$ [м^3] - обсяги відходів деревини на кожному з етапів деревокористування:

- лісовирощування (до 20% деревини залишається на місці заготівлі);
- лісозаготівлі;
- первинної обробки деревини;
- виробництва виробів з деревини, а також обсяги відходів, утворених під час вирощування та експлуатації садово-паркових насаджень.

Кількість лісових деревних відходів з усіх фаз деревокористування, які можуть бути використані для енергетичних цілей, складає 30-40% від обсягів лісозаготівлі. Це є теоретичний потенціал. Технічно досяжний потенціал використання відходів деревини становить не більше 30 % теоретичного.

Розрахунок технічного потенціалу енергетичного використання деревини в проводимо за формулою:

$$E_д[МВт.год/рік] = Z_д[м^3/рік] \times P_д[т/м^3] \times I_д \times Q_д[кВт.год/кг], \quad (8)$$

де: $Z_д$ - середньорічна кількість відходів деревини;

$P_д$ - середня питома вага деревини (0,72);

$Q_д$ - середня теплота згоряння деревини.

Відповідно розрахований нами середньорічний технічний потенціал енергетичної деревини регіону складає 45,4 тис. т у.п.

Наступним оцінимо можливість вирощування енергетичних рослин на території області з метою отримання рослинної біомаси**.** На сьогоднішній день відомо близько 20 видів швидкоростучих рослин, які можна вирощувати для отримання рослинної біомаси. Це евкаліпт, тополя, верба, міскантус та інші. В помірній кліматичній зоні, в якій знаходиться досліджувана обасть та й Україна вцілому, для вирощування енергетичних рослин найкраще підходять сорти швидкоростучої верби, виду Salix viminalis.

Перевагою верби є те, що вона може рости на землях, малопродуктивних з точки зору вирощування сільськогосподарських культур, ґрунти середньої якості з великою вологістю. Для розрахунку енергетичного потенціалу вирощування енергетичної деревини приймаємо наступні вихідні дані:

- річний урожай верби - 15 т сухої маси /га;
- питома теплота згоряння верби - 5,2 кВт.год/кг;
- відсоток використання верби – 70 %;
- площа щорічного збору урожаю верби - 2000 га (урожай 1 раз на 2-3 роки).

Розрахунок технічного потенціалу енергетичної верби в регіоні проводимо за формулою:

$$E_{дв}[МВт.год/рік] = A_{дв}[га] \times P_{дв}[т/га] \times I_{дв} \times Q_{дв}[кВт.год/кг], \quad (9)$$

де: $A_{дв}$ - площа вирощування;

$P_{дв}$ - середньорічна урожайність верби;

$I_{дв}$ - частка використання енергетичної деревини;

$Q_{дв}$ - середня теплота згоряння верби.

Середньорічний технічний потенціал енергетичної верби складає 16,5 тис. т.у.п.

Таким чином, сумарно потенціал біомаси вцілому дає 107,4 тис. т у.п. на рік.

Наступним оцінимо технічно досяжний потенціал енергії біогазу в області. Біогаз може походити зі стічних вод на очисних спорудах, органічного сміття на полігонах твердих побутових відходів (ТПВ), а також з відходів сільського господарства.

Під час складування твердих побутових відходів у тілі полігону ТПВ, в умовах недостатньої кількості кисню, підвищеної температури та вологості, відбувається природне анаеробне розкладання органічних відходів. Одним з продуктів цього процесу є біогаз – суміш метану та вуглекислого газу, з невеликою кількістю домішків (азот, кремній, сірка, сірководень). Вміст у складі біогазу тих чи інших компонентів залежить від складу складованих на полігоні відходів. Отже, у товщі ТПВ при анаеробних умовах (без доступу кисню) утворюється біогаз (звалищний газ). Він є горючим, має досить велику теплотворну здатність – понад 18 МДж/м^3. До його складу входять: метан (CH_4) – 50-70 %, вуглекислий газ (CO_2) – 30-50 %, а також в незначних кількостях – азот (N_2), кисень - (0_2) і водень (H_2).

Найбільш економічно виправданими є збирання та утилізація звалищного газу на «великих» полігонах ТПВ та звалищах, де міститься понад 1 млн. т відходів, шар яких перевищує 10 м. Бажано, щоб значна частина відходів, захоронених на полігоні, були не «старшими» 10 років. Територія полігону має бути рекультивована, тобто перекрита шаром ґрунту товщиною не менше ніж 30-40 см. Щільність відходів має становити в середньому 800 кг/м^3. Середній вихід біогазу з такого полігону становитиме 5 м^3 на 1т ТПВ протягом 20 років. Дуже велике значення має частка органічних речовин у ТПВ, оскільки будівельне сміття не генерує біогазу.

Загальний потенціал звалищного газу в ЄС сягає 9 млрд.м^3/р. Потенціал звалищного газу в США становить 13 млрд. м^3/р. При утилізації метану з усіх полігонів

ТПВ в США його кількість становитиме 5 % від загального споживання природного газу в США (1 % загального споживання енергоносіїв).

В той час, як розрахунки техніко-економічного потенціалу і коефіцієнта перетворення тепла для Івано-Франківського полігону ТПВ у с. Рибне, показують, що утилізація біогазу полігону еквівалентно економії 8,8 тис. МВт*год електроенергії в рік, що становить всього лиш 0,9 тис. т у.п. .

Що ж до можливості отримання біогазу зі стічних вод на очисних спорудах, то вона суттєво залежить від кількості очисного осаду, що утворюється при біологічній дії бактерій. Утворення осаду залежить, в свою чергу, від кількості стічних вод:

$$E_{ос}[МВт.год/рік] = Q[м^3/рік] \times S_o[кг/м^3] \times P_м[м^3/кг] \times C_м[кВт.год/м^3] \times K \times 365/1000, \quad (10)$$

де: Q - кількість стічних вод, що підлягають очистці;

S_o - приріст сухої маси осаду на 1 м очищених стоків - 0,3;

$P_м$ - вихід метану на 1 кг сухої органічної маси - 0,3;

$C_м$ - питома теплота згоряння метану - 8,83;

K - коефіцієнт отримання енергії - 0,5.

Відповідно оцінений нами середньорічний технічний потенціал енергії стоків найбільших міст Івано-Франківської області сягатиме всього 1,5 тис. т у.п.

Економічно вигідним є облаштування біогазових станцій на території сільськогосподарських підприємств, які спеціалізуються на тваринництві. Технічний потенціал продукції біогазу з відходів тваринництва можна розрахувати наступним чином:

$$E_{сг}[МВт.год/рік] = \sum(L[т/рік]) \times P[м^3/т] \times Q_б[кВт.год/кг] \times K_б \times 365/1000, \quad (11)$$

де L - кількість гною;

P - вихід біогазу - 5,0;

$Q_б$ - теплота згоряння біогазу - 4,39;

$K_б$ - коефіцієнт використання біогазу - 0,2.

Розрахований нами річний потенціал біогазу тваринницьких ферм становить 3,6 тис. т у.п. Відповідно сумарнй потенціал біогазу з полігонів ТПВ, очисних споруд і тваринницьких ферм складає 6,0 тис. т у.п.

Узагальнююча структура енергетичного потенціалу відновлювальних джерел енергії Івано-Франківської області, на підставі проведених нами досліджень представлена у табл. 1 та відображена на рис.1.

Таблиця 1

Структура енергетичного потенціалу відновлювальних джерел енергії Івано-Франківської області

№№ ч/ч	Вид енергії	Енергетичний потенціал, тис.т.у.п
1	Сонячна енергія	48,5
2	Енергія вітру	79,2
3	Мала гідроенергетика	9,4
4	Енергія довкілля	87,6
5	Енергія біомаси	107,4
6	Енергія біогазу	8,4
Всього по всіх видах енергії		340,5

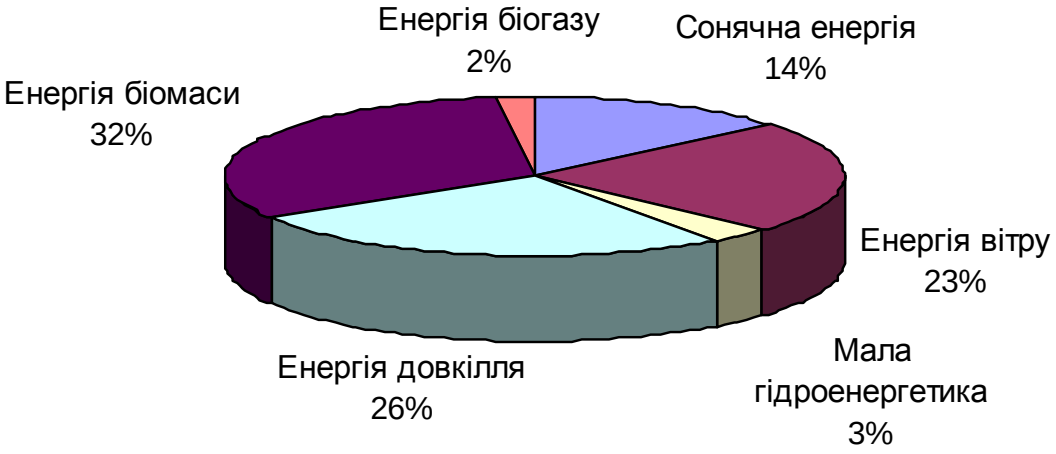


Рис. 1. Структура потенціалу відновлювальних джерел енергії Івано-Франківської області

Отже, аналіз показав, що в цілому структура енергетичного потенціалу відновлювальних джерел енергії Івано-Франківської області розподілилась наступним чином, а саме: 32 % в структурі відновлювальних джерел енергії в області становитиме енергія біомаси, 26 % – енергії довкілля, 23 % – енергії вітру, 14 % – сонячна енергія, 3 % – мала гідроенергетика та 2 % – енергія біогазу.

Висновки. Івано-Франківська область за останні 5 років споживає в середньому 1,8-2,0 млрд. м ^{3} газу щорічно, що становить в середньому 2,0-2,3 млн. тонн умовного палива. Згідно проведених розрахунків, досягнення теоретично можливого рівня потенціалу ВДЕ у Івано-Франківській області становить 340,5 тис. тонн умовного палива, що дасть можливість зменшити споживання природного газу на 17%, і в свою чергу спричинить зменшення рівня споживання природного газу за рахунок ВДЕ.

Отже, широке застосування відновлювальних джерел енергії дозволить знизити залежність України від імпортованого газу, а значить підвищить рівень її енергетичної безпеки.

Без сумніву для успішного вирішення питань енергетичної незалежності України та збільшення виробництва екологічно безпечних видів палива украй необхідною є державна підтримка впровадження нових технологій. Потрібно оцінити, які податкові пільги необхідні для розвитку відновлювальної енергетики, що сприяло б прискоренню залучення інвестицій. Державні субсидії на відновлювальні види палив та виробництво сировини для відновлювальної енергетики мають базуватися на ринкових цінах.

Література

1. Адаменко О. М. Екологія міста Івано-Франківська / О.М. Адаменко, Є.І. Крижанівський, Є.М. Нейко, Г.Г. Русанов, О.М. Журавель, Л.В. Міщенко, Н.І. Кольцова – Івано-Франківськ: «Сіверсія МВ», 2004.– 200с., 44 іл.

2. Енергоефективні технології в сільській місцевості / Крижанівський О.В., Бережна Ю.В., Левченко О.В.,Гижко Н.В.//Методичні рекомендації. - Вінниця, 2009. - 136с.

3. Зінченко В. О. Біомаса як альтернативне джерело енергії / В.О. Зінченко// Екологічний вісник. - 2005. - №13. - С. 24-25.

4. Матвєєв Ю. Б. Перспективи впровадження систем видобутку та утилізації звалищного газу на українських полігонах ТПВ: II міжнародна конференція ,, Енергія з біомаси"/ Ю. Б. Матвєєв.– Тези допов., 2006. – 45с.

5. Передерій Н. О. Формування ринку альтернативних джерел енергії з біомаси в Україні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08. 00. 03. / Н.О. Передерій; Нац. ін-т біорес. і природокорис. України. - Київ, 2009. - 20 с.

6. Постанова КМУ № 1505-97-п від 31.12.1997 «Про програму державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики».

УДК 620.9

Адаменко Я. О.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ОБҐРУНТУВАННЯ НАЙКРАЩИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГІЇ ДОСТУПНИХ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ У КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ

Стаття присвячена використанню вітрових джерел енергії у сталому розвитку Карпатського регіону В роботі надані рекомендації обрання найкращих доступних для впровадження технологій використання вітрової енергії з метою перспективного розвитку Карпатського регіону. Розглянуті проблеми та технологічні характеристики вітрових електростанції промислової потужності.

Ключові слова: вітрові електростанції, Карпатський регіон, технологічні характеристики

Статья посвящена использованию ветровых источников энергии в устойчивом развитии Карпатского региона. В работе даны рекомендации избрания наилучших доступных для внедрения технологий использования ветровой энергии с целью перспективного развития Карпатского региона. Рассмотрены проблемы и технологические характеристики ветровых электростанции промышленной мощности.

Ключевые слова: ветровые электростанции, Карпатский регион, технологические характеристики

The article is devoted to the use of wind energy in sustainable development of the Carpathian region. The work of election recommendations for implementing best available technologies for using wind energy to future development of the Carpathian region. The problems and technological characteristics of wind power industrial power.

Keywords: wind power, Carpathian region, technological characteristics

Постановка проблеми. Життєво важливим є те, що відновлювані джерела енергії тісно пов’язані з місцями їх розміщення. Але зосередженість тільки на питаннях зниження вартості і вибору дешевших місць розміщення відновлюваних ресурсів може привести до конфлікту, особливо на екологічно напружених територіях. Наприклад, існує занепокоєння щодо зміни пейзажу вітровими станціями у мальовничих місцевостях. Залучення місцевого населення до планування і розвитку енергетичних систем і місцевих інвестицій у ці системи є вкрай важливим з точки зору отримання суспільної підтримки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітроагрегати у даний час є найдешевшими серед поновлювальних джерел енергії [5]. Вартість електроенергії

© Адаменко Я. О., 2016

5. Передерій Н. О. Формування ринку альтернативних джерел енергії з біомаси в Україні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08. 00. 03. / Н.О. Передерій; Нац. ін-т біорес. і природокорис. України. - Київ, 2009. - 20 с.

6. Постанова КМУ № 1505-97-п від 31.12.1997 «Про програму державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики».

УДК 620.9

Адаменко Я. О.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ОБҐРУНТУВАННЯ НАЙКРАЩИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГІЇ ДОСТУПНИХ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ У КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ

Стаття присвячена використанню вітрових джерел енергії у сталому розвитку Карпатського регіону В роботі надані рекомендації обрання найкращих доступних для впровадження технологій використання вітрової енергії з метою перспективного розвитку Карпатського регіону. Розглянуті проблеми та технологічні характеристики вітрових електростанції промислової потужності.

Ключові слова: вітрові електростанції, Карпатський регіон, технологічні характеристики

Статья посвящена использованию ветровых источников энергии в устойчивом развитии Карпатского региона. В работе даны рекомендации избрания наилучших доступных для внедрения технологий использования ветровой энергии с целью перспективного развития Карпатского региона. Рассмотрены проблемы и технологические характеристики ветровых электростанции промышленной мощности.

Ключевые слова: ветровые электростанции, Карпатский регион, технологические характеристики

The article is devoted to the use of wind energy in sustainable development of the Carpathian region. The work of election recommendations for implementing best available technologies for using wind energy to future development of the Carpathian region. The problems and technological characteristics of wind power industrial power.

Keywords: wind power, Carpathian region, technological characteristics

Постановка проблеми. Життєво важливим є те, що відновлювані джерела енергії тісно пов’язані з місцями їх розміщення. Але зосередженість тільки на питаннях зниження вартості і вибору дешевших місць розміщення відновлюваних ресурсів може привести до конфлікту, особливо на екологічно напружених територіях. Наприклад, існує занепокоєння щодо зміни пейзажу вітровими станціями у мальовничих місцевостях. Залучення місцевого населення до планування і розвитку енергетичних систем і місцевих інвестицій у ці системи є вкрай важливим з точки зору отримання суспільної підтримки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітроагрегати у даний час є найдешевшими серед поновлювальних джерел енергії [5]. Вартість електроенергії

© Адаменко Я. О., 2016

вітрових станцій за останні десятиліття різко знизилась і в багатьох випадках стала менше 0,04 €/кВт-год. Цей метод стане більш прийнятним для суспільства, якщо ми вирішимо проблеми візуального і шумового впливу таких систем, розміщених поблизу поселень. Вітрові станції, розміщені поблизу морського берега, набувають зараз комерційного значення, вони розширюються у Данії, і їх розвиток планується у Об'єднаному Королівстві та в Нідерландах. 30 % електричної енергії для Європи може вироблятися вітровими турбінами, які займають поверхню землі не більше острова Кріт [6].

Формулювання мети статі. Метою роботи є проведення огляду й обґрунтування найкращих доступних для впровадження технологій використання вітрової енергії в Карпатському регіоні України. Обґрунтувати впровадження об'єктів використання вітрової енергії як складову сталого розвитку Карпатського регіону [2]. Довести, що для розвитку вітрової енергетики у Карпатському регіоні немає об'єктивних ресурсних, технічних, режимних, екологічних і економічних перешкод.

Виклад основного матеріалу. Найбільших обсягів виробництва та застосування об'єкти вітрової енергетики досягли у розвинутих країнах. Значна частина вітроагрегатів працює на електромережу. У країнах, що розвиваються, більше використовуються окремі автономні ферми вітроагрегатів, не пов'язані з електромережею через її малу потужність.

Проблеми довкілля, пов'язані з використанням вітроенергії, досліджуються у зв'язку з широким будівництвом вітрових електростанцій (ВЕС) і зумовлені впливом на птахів, шумом, а також естетичним впливом на ландшафт. Розглядаються також перешкоди, що створюють вітроагрегати телевізійним передачам. Вплив перелічених факторів (за винятком шуму) визначається як несуттєвий.

Економічні можливості вітроенергетики змінюються з часом внаслідок зміни технології та інших процесів, що знижують собівартість енергії (у тому числі й виробленої на традиційному паливі). Велике значення має також ставлення населення до вітроенергетики, його бажання користуватися екологічно чистими джерелами енергії.

Середньорічна швидкість вітру у приземному шарі на території України досить низька – 4,3 м/с. Якщо врахувати, що сучасні економічно доцільні вітроагрегати можуть використовувати енергію вітру до висоти 150 м, то енергетичний потенціал вітрового потоку на території площею 603,7 тис. км², яку займає Україна, складає 330 млрд. кВт і перевищує встановлену потужність електростанцій України у шість тисяч разів.

Підсумовуючи, зазначимо головні технологічні і економічні переваги ВЕС для сталого розвитку Карпатського регіону над атомними і тепловими станціями:

1. Немає дефіцитних матеріалів для спорудження вітроелектричних агрегатів, у той час як для зведення атомних станцій самотужки Україна не має виробничої бази.

2. Вітроелектричним агрегатам не потрібне паливо, тоді як паливна складова на атомних станціях сягає 65 %, а на теплових – вже 90-93 %.

3. Малі одиничні потужності вітроелектричних агрегатів стають перевагою в умовах перехідної економіки: скорочуються обсяги кредиту і відповідні нарахування, проекти ВЕС стають доступними для малих підприємств.

4. Термін будівництва ВЕС не перевищує одного кварталу (блоки АЕС будуються 8-10 років).

5. Ферми ВЕС та окремі вітроелектричні агрегати можуть бути розташовані у безпосередній близькості до споживача, що значно зменшує транспортні витрати та втрати електроенергії.

Стійка тенденція до збільшення собівартості електроенергії теплових і особливо атомних станцій, натомість стійке зменшення собівартості електроенергії вітроагрегатів переконливо доводять доцільність створення мережі державних і приватних ВЕС на заході України, зокрема й у гірській зоні Карпат.

Середньорічні значення швидкості вітру по території України знаходяться в межах від 3 до 6 м/с, причому ймовірності швидкості вітру більше 3,5 м/с (більше 60 %) відмічаються на південному березі Чорного моря, Керченського півострова, а також у

Карпатах. Значний вплив на швидкість вітру мають лісові масиви, тому найменші ймовірності швидкості вітру – понад 3,6 м/с (40 %) спостерігаються на Поліссі. Значні пониження швидкості вітру характерні також для південного берегу Криму і районів Закарпаття, захищених Карпатами.

З жовтня по квітень найбільші швидкості вітру спостерігаються у південно-східній частині України, приморських районах і в районі долини Дніпра (швидкість вітру на берегах водосховищ і близьких до них районах на 20-50 % більша, ніж на віддалі від водосховищ на рівнині). Це зумовлено виникненням великих контрастів температур між північними і південними широтами, при цьому ймовірність швидкостей вітру понад 3,5 м/с у приморських районах досягає 70 % і більше (середня швидкість вітру у цей період до 8 м/с). В теплу пору року швидкість вітру значно знижується. Максимальні ймовірності швидкості вітру понад 3,5 м/с (60 %) спостерігаються тільки в приморських районах.

Перетворення енергії вітру в електричну енергію здійснюється в два етапи. На першому етапі енергія вітру перетворюється в механічну енергію за допомогою вітродвигуна, на другому етапі вироблена вітродвигуном енергія перетворюється в електричну енергію за допомогою електромеханічної системи. На сьогодні існує багато типів як електродвигунів, так і електромеханічних систем.

Є два основні класи вітродвигунів (рис. 1):

1) з горизонтальною віссю обертання;

2) з вертикальною віссю обертання.

Серед вітродвигунів з горизонтальною віссю обертання найбільш широко застосовуються пропелерні, рисунок (1а). Вони мають найвищий коефіцієнт використання вітру ξ (до 0,48) і найбільш надійні в експлуатації.

а) б)

а – з горизонтальною віссю обертання; б – з вертикальною віссю обертання

Рис. 1. Загальний вигляд ВЕС

Для пропелерних вітродвигунів можливі два варіанти розміщення вітроколіс:

1) підвітряне (за опорою);

2) надвітряне (перед опорою).

Підвітряне положення забезпечує стійкість позиціювання вітрового потоку, однак при цьому положенні аеродинамічна тінь опори негативно впливає на роботу ВЕУ. Крім цього, підвітряне положення ВДП призводить до значного шуму. Рівень шуму може бути знижений за рахунок зменшення робочих частот обертання.

Навітряне положення дозволяє уникнути недоліків підвітряного положення, крім того, дозволяє знизити металоємність конструкції, збільшити ефективність перетворення енергії вітрового потоку.

В залежності від кількості лопатей вітроколеса вітродвигуни пропелерні ділять на:

– швидкохідні (до 4 лопатей);
– середньої швидкохідності (4-8 лопатей);
– тихохідні (більше 8 лопатей).

Швидкохідні вітроколеса оцінюються числом модулів, що дорівнює відношенню колової швидкості ($\omega \times R$) зовнішнього кільця лопаті радіусом (R) що обертаються з кутовою швидкістю ш, до швидкості (V) набігаючого потоку.

$$Z = \frac{\omega \cdot R}{V}. \tag{1}$$

Вітроколесо з невеликою кількістю лопатей звичайно складається із ступиці лопатей, які жорстко сполучені з нею під деяким кутом (φ) до площини обертання, або з допомогою підшипникових вузлів, в яких лопать повертається для зміни кута встановлення φ.

Вплив вітрових потоків. Вітровий потік набігає на лопать з відносною швидкістю ω під кутом атаки λ. На кожній лопаті виникає повна аеродинамічна сила R. Вона розкладається на підйомну силу P_y, яка створює обертовий момент M, і на силу P_x лобового тиску, що діє по осі вітроколеса.

Потужність, що розвивається на валу вітроколеса, залежить від його діаметра, форми та профілю лопатей і практично не залежить від їх числа:

$$P_{вк} = 3{,}85 \cdot 10^3 \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V^3 \cdot \xi, \tag{2}$$

де $P_{вк}$ – потужність на валу вітроколеса, кВт;

ρ – густина повітря, кг/м³;

D – діаметр вітроколеса;

V – швидкість вітру;

ξ – коефіцієнт використання енергії вітру.

Оскільки потужність вітродвигуна пропорційна кубу швидкості вітру, то в реальних умовах експлуатації необхідне обмеження потужності при $V \geq V_p$, і регулювання частоти обертання. Дія різних систем автоматичного регулювання ґрунтується на зміні діючих аеродинамічних характеристик лопаті чи всього вітроколеса відповідно до діючої швидкості вітру, частоти обертання вітроколеса і значення навантаження.

Вітроелектрична станція (ВЕС) може працювати в трьох основних режимах:

1) автономному – режим передбачає повне забезпечення неперервного електропостачання споживача протягом встановленого терміну її експлуатації;

2) вибірковому – режим характеризується тим, що навантаження повинно поділятись між енергосистемою і ВЕС. При цьому надлишок потужності, яку виробляє ВЕС, подається в енергосистему, а її нестача покривається за рахунок енергосистеми;

3) паралельному – режим роботи з енергосистемою спрямований або на збільшення сумарного виробництва, або на часткове покриття сумарного графіка навантаження енергосистеми, забезпечуючи при цьому економію органічного палива.

Після вибору відповідного майданчика для здійснення вітрового проекту найбільш

важливим є отримання вітрових даних для цієї місцевості. Якщо існує вітровий проект на відстані 4-10 км від запланованої для вітрової електростанції ділянки, можна перевірити, чи будуть достатніми дані виробництва електроенергії, отримані на цьому проекті. Якщо ні, окремі виміри вітру повинні бути проведені на обраному місті.

Проведення великої кількості вимірювань на місці розташування вітрової електростанції є дуже важливим фактором для отримання надійних результатів вітрових досліджень, за допомогою яких визначаються:

– розрахункові швидкості і напрям вітру;
– нерівність поверхні та зсув вітру;
– екстремальні вітрові умови;
– стандартні відхилення та інтенсивність турбулентності;
– кліматичні умови, включаючи температуру і вологість.

Ці результати знову ж таки впливатимуть на вибір відповідного генератора вітрової турбіни і схему розташування вітрової електростанції. Перетворення енергоресурсів повітряного потоку (вітру) здійснюється за допомогою вітроенергетичних установок, що перетворюють кінетичну енергію повітряного потоку в механічну енергію.

На жаль, сьогодні не так вже й багато ВЕУ пропонується на українському ринку. Всі ВЕУ можна поділити на дві великі групи:

- вітроустановки, що використовують силу лобового тиску (барабанні, багатолопатеві горизонтально-осьові, карусельні, ротори Савоніуса, вітрильні тощо);

- вітроустановки, що використовують аеродинамічну піднімальну силу (ротори Дар'є, швидкохідні горизонтально-осьові вітроустановки).

У ВЕУ першої групи коефіцієнт використання енергії вітру значно нижчий, ніж в установок другої групи. Вони тихохідні, тому що вітроприймальний пристрій не може рухатися зі швидкістю, що перевищує швидкість вітру. А найголовніший недолік цих ВЕУ - непридатність до чіткого та ефективного регулювання. Кожний тип вітроагрегатів характеризується певним коефіцієнтом потужності, тобто величиною, що визначає обсяг енергії, який можна отримати з вітрового потоку конкретним вітроприймальним пристроєм. Для ВЕУ першого типу коефіцієнт використання енергії, або коефіцієнт потужності, зазвичай не перевищує 0,1. Для установок другого типу він дорівнює 0,3-0,45.

До ВЕУ другої групи відносять вертикально-осьові ротори Дар'є та класичні горизонтально-осьові вітроустановки. Попри незаперечні переваги роторів Дар'є (силову трансмісію та електрогенератор встановлюють, як правило, на землі; відсутність механізму орієнтації на вітер), їм властиві й істотні недоліки, що обмежують можливості їх широкомасштабного використання. Серед недоліків - відносно низьке значення коефіцієнта використання енергії вітру та концентрація маси лопатей на периферії охоплюваної площі, що призводить до руйнувань від зносу елементів ВЕУ і передусім їх опорних підшипників. Крім того, вітряки такого типу, як правило, регулюють підключеним навантаженням, зі зникненням якого ротор стає некерованим [4].

В залежності від номінальної потужності вітрогенератори, вітроелектроустановки (ВЕУ) можуть використовуватися як:

- основне джерело енергопостачання (при повному автономному енергозабезпечення об'єкта);

- джерело резервного живлення (аварійне або безперебійне енергозабезпечення об'єкта);

- джерело для мережевого, комерційного вироблення електроенергії, з метою продажу по «зеленому тарифу».

Загальний коефіцієнт корисної дії вертикальних (20-30 %) і горизонтальних (25-35 %) вітрогенераторів приблизно однаковий. Не дивлячись на те, що у вітряків з горизонтальною віссю обертання ККД вище і швидкість початку обертання нижче, вони практично компенсуються коефіцієнтом використання енергії вітру, який трохи вище у вертикальних вітряків [3].

Як досягається більший коефіцієнт у вертикальних вітрогенераторів? Вертикальні вітряки завжди знаходяться «за вітром» і їм не потрібно повертатися при зміні напрямку вітру. А ось горизонтальні повинні розвернутися. У момент розвороту горизонтальних продуктивність падає, так як сила потоку вітру затухає.

Деякі компанії використовують для виробництва вертикальних вітряків постійні (неодіумні) магніти замість підшипників. Це дозволяє збільшити продуктивність системи до 15%. Тобто загальна продуктивність таких вітрових генераторів виростає всього на 3-5 % від загального сумарного ККД. Але на відміну від вітрових генераторів з підшипниками ціна вертикальних вітрогенераторів з постійними магнітами зростає.

Однолопатеві вітрогенератори мають одну лопать і противагу, що виконує роль балансуючого механізму. Перевагою однолопатевих роторів, в порівнянні з багатолопатевими, є їх більш висока швидкість обертання за рахунок більш низького моменту інерції. Це дозволяє використовувати в їх схемі прямоприводні синхронні електрогенератори, розраховані на більш високі швидкості обертання, і як наслідок, мають менші розміри та вагу. Крім цього, ротор цієї конструкції має більш низьку вартість за рахунок зменшення числа лопатей.

У порівнянні з ВЕУ з кількістю лопатей три і більше, двухлопатеві вітрогенератори мають ті ж переваги, що й однолопатеві. Ще однією безумовною перевагою цих вітрогенераторів є врівноваженість ротора при будь-якому кутовому положенні лопатей, за рахунок їх парної кількості. Ця їх перевага знайшла застосування в самопідйомних вітрогенераторах малого та середнього діапазону потужностей. При підйомі з землі або опусканні на землю самопідйомні двухлопастні вітрогенератори, площина їх ротора, при любому кутовому положенні лопатей буде прагнути займати горизонтальне положення, що значно спрощує технологію процесу підйому або опускання цих ВЕУ.

Трилопатеві горизонтально-осьові ВЕУ є найбільш поширеними з пропонованих на ринку вітряків. Їх номінальна потужність складає від декількох ват до 7 МВт. Все вітроенергетичне обладнання великої потужності (від 500 кВт і вище) представляють трилопатеві горизонтально-осьові вітрогенератори. На сьогоднішній день, вітроустановкою, що має найбільшу номінальну потужність, є трилопатева Enercon E-126, номінальною потужністю 7 МВт.

Наявна енергія вітру є кінетичною енергією вітру, який проходить через площу ротора вітрової турбіни. Загальна наявна потужність вітру, яка може бути розвинута вітровою турбіною, обмежена теоретичним максимумом, рівним 59,3 %, відомим під назвою межа Бетза. Із практичної точки зору виробництво енергії також залежить від конструкції вітрової турбіни, тобто від аеродинамічної конструкції лопатей ротора, алгоритмів управління вітровою турбіною та її конструкторських обмежень (швидкості вітру, за якою турбіна вмикається і вимикається, поривів вітру і т.д.)

За останні два десятиріччя вітрові турбіни, які перетворюють кінетичну енергію вітру в електроенергію, досягли рівня автоматичних енергоустановок із підвищеними площами роторів і висотами маточин, і високою якістю електроенергії, яка відповідає вимогам електромереж. Проте кількість електроенергії, яка виробляється, у будь-який час залежить від вітрових умов.

Як вже зазначалося, для обґрунтування розташування ВЕС основним аргументом є параметри вітру на проммайданчику перспективної ВЕС. Для оцінки вітропотенціалу спеціалізованими фірмами проводяться відповідні заміри з допомогою вимірювальних мачт висотою 70-80 м, вимірювальною апаратурою з передачею інформації в розрахунковий центр з допомогою мобільного зв’язку на протязі одного року.

Звіт по таких замірах проходить аудит акредитованих фірм. В звіті розраховуються величини річного виробітку електроенергії кожною ВЕУ. Місце встановлення ВЕУ вибирається фірмою, яка готує звіт, для кількох типів ВЕУ, місця аналізуються з точки зору реального стану земельних ділянок під об’єкти ВЕС.

Для того, щоб типові проекти були економічно життєздатними, мінімальна річна

середня швидкість вітру на висоті 80 м (висота маточини) повинна бути більшою, ніж 5,0 - 5,25 м/с, а на кращому майданчику вона буде більшою ніж 6,0 м/с.

Важливим є схема приєднання ВЕС до електричних мереж. Для цього розробляється ТЕО схеми приєднання, в якому обґрунтовуються різні варіанти приєднання, розраховуються режими роботи електромережі, яка знаходиться в зоні ВЕС, вибирається оптимальна схема приєднання ВЕС до електромереж.

При значних затратах на приєднання (більше 15 % від вартості ВЕС) може бути прийнято рішення про закриття проекту.

Як вже говорилося, обрання конструкції, робочих характеристик вітрової турбіни та місця її розміщення тісно пов'язані між собою і залежать, головним чином, від характеристик вітру в даній місцевості. Чим сильніший вітер у місцевості, тим більше може бути вироблено електроенергії, проте і конструктивна стійкість вітрової турбіни має бути вищою.

Відповідно до IEC 61400-1, майданчик для виробництва електроенергії за допомогою вітру асоціюється з різними «класами систем генераторів вітрових турбін», основаних на специфічних для майданчика вітрових даних, таких як очікувана середня швидкість вітру на висоті маточини, інтенсивність турбулентності й екстремальні швидкості вітру.

Вітрові турбіни проектуються відповідно до вищенаведеного стандарту для їхнього використання в місцях із відповідними характеристиками вітру протягом проектного строку служби, рівного 20 рокам. Виробники отримують затвердження розробленої конструкції в сертифікаційному органі (DNV, GL, TÜV тощо), і якщо вона відповідає встановленим вимогам, вони також отримують сертифікат типу на всю вітрову турбіну і конфігурацію встановлених в ній компонентів [4].

Законодавчу основу для виробництва відновлюваної енергії утворюють Закон "Про альтернативні види рідкого та газоподібного палива" від 14 січня 2000 р., № 1391-XIV, з доповненнями від 21 травня 2009 р., № 1391-IV, Закон "Про альтернативні джерела енергії" від 20 лютого 2003 р. № 555-IV, з доповненнями від 25 вересня 2008 р., № 601-VI, зміни до Закону України "Про електроенергетику" щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії ВР України від 20.11.2012 р. № 5485-VI, діє з 01.04.2013 р. [1].

Перший закон визначає принципи політики сприяння, другий – державні механізми регулювання. Щоправда, у зазначених документах, як і раніше, відсутні конкретні заходи підтримки.

Оскільки відновлювані джерела енергії сьогодні ще не конкурентоспроможні, інвестиційні рішення приватних підприємств суттєвою мірою залежать від форм державної підтримки. Перші заходи сприяння були ухвалені у законі про запровадження так званих "зелених тарифів" від 25 вересня 2008 р. (№ 601-VI). Закон містить доповнення до законів "Про електроенергетику" та "Про альтернативні джерела енергії". Закон "Про електроенергетику" визначає спеціальні тарифи для тієї електроенергії, яка виробляється із альтернативних джерел. Закон зобов'язує операторів мереж (обленерго) купувати електроенергію у генеруючих компаній і подавати її в мережі, якщо виробництво здійснюється із визначених у Законі відновлюваних джерел.

Точний розмір тарифів, що сплачуються генеруючим компаніям, визначається через "зелений оптовий тариф" та через розроблені національним регулюючим органом (Національною комісією регулювання електроенергетики) коефіцієнти для відповідних генеруючих технологій. Чинний в даний час "зелений оптовий тариф" на електроенергію був уперше визначений НКРЕ 15 січня 2009 р. у розмірі 0,6624 грн./кВт-год. до сплати податку на додану вартість (за сьогоднішнім обмінним курсом близько 0,07 €/кВт-год.). Потім на цій основі визначаються ціни на окремі енерготехнології шляхом множення "зеленого тарифу" на відповідний коефіцієнт.

Коефіцієнти для різних видів генерації є такими:

- 1,2 для електроенергії з вітряних установок потужністю до 600 кВт;
- 1,4 для електроенергії з вітряних установок потужністю від 600 до 2000 кВт;
- 2,1 для електроенергії з вітряних установок потужністю понад 2000 кВт;
- 0,8 для електроенергії, виробленої малими гідроелектростанціями.

Станом на 1 січня 2009 р. була встановлена роздрібна ціна у розмірі 1,3446 грн./кВт-год. до сплати податку на додану вартість.

Генеруючі компанії, які використовують відновлювані джерела енергії, мають також право на безпосереднє постачання кінцевому споживачу, якщо він готовий платити "зелений тариф", що з огляду на субсидування ціни на електроенергію для приватного використання (0,024 €) не видається імовірним.

Закон передбачає поступове скорочення коефіцієнтів при сплаті тарифів для новоспоруджених установок. Відповідно до цього, після 2014 р. коефіцієнт зменшується на 10 %, після 2019 р. – на 20 %, після 2024 р. – на 30 %. "Зелений тариф" діятиме до 2030 р.

Після внесення змін до Закону України "Про електроенергетику" щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії, які діють 01.04.2013 р. для об'єктів електроенергетики, які виробляють електроенергію з альтернативних джерел енергії та будівництво яких розпочате після 1 січня 2012 року, "зелений" тариф застосовується за умови дотримання вимог щодо розміру місцевої складової [1]. У разі недотримання вимог щодо розміру місцевої складової тариф на електроенергію для таких об'єктів електроенергетики, у тому числі введених в експлуатацію черг будівництва електричних станцій (пускових комплексів), встановлюється на рівні оптової ринкової ціни електричної енергії без врахування дотаційних сертифікатів, що фактично склався за попередній розрахунковий період.

Місцевою складовою для цілей цього Закону є частка визначених цим Законом складових об'єкта електроенергетики (елементів місцевої складової) українського походження, використаних при створенні об'єкта електроенергетики.

Розмір місцевої складової для об'єктів електроенергетики, які виробляють електроенергію з енергії вітру, будівництво яких розпочато після 1 січня 2012 року та які введені в експлуатацію після 1 липня 2013 року, встановлюється на рівні не менш як 30 %, а для об'єктів електроенергетики, які виробляють електроенергію з енергії вітру, сонячного випромінювання та біомаси, будівництво яких розпочато після 1 січня 2012 року та які введені в експлуатацію після 1 липня 2014 року, встановлюється на рівні не менш як 50 %.

Введений законом порядок розрахунку частки місцевої складової не залишає шансів на отримання «зеленого» тарифу компаніям, які не мають в Україні власного виробництва хоча б деяких частин вітрових агрегатів.

Сьогодні в Україні в секторі вітрової енергетики (інсталяції) працюють близько десятка компаній, як українських, так і іноземних. Однак, лідерство ринку утримують перші дві великі компанії з українським капіталом:

1) ТОВ «Вітряні парки України» (всі електростанції компанії використовують вітроагрегати MW Fuhrlander FL2500-100 з одиничною потужністю 2,5 МВт) [3]. Виробничим підприємством групи «Вітряні парки України» є ТОВ «Фурлендер Віндтехнолоджі-Україна», яке було створено в Краматорську в липні 2010 року і є першим і на даний момент єдиним підприємством в СНД з виробництва сучасних вітроенергетичних установок. Підприємство створено з використанням досвіду європейських виробників вітроустановок і оснащено сучасним обладнанням, що дозволяє надати своїм клієнтам гарантію надійної експлуатації вітротурбін строком на 20 років. «Фурлендер Віндтехнолоджі-Україна» – це підприємство повного циклу бізнесу по створенню вітроустановок.

2) «Вінд Пауер» (входить до складу холдингу ДТЕК) [4]. ДТЕК – найбільша приватна вертикально-інтегрована енергетична компанія України, чиї підприємства

ефективно працюють у сферах видобутку та збагачення вугілля, а також на ринках генерації та постачання електроенергії. ДТЕК є енергетичним підрозділом «Систем Кепітал Менеджмент» (СКМ), провідної фінансово-промислової групи України.

Стратегія ДТЕК передбачає розвиток «зеленої» енергетики як самостійного і одного з найбільш перспективних напрямів, який дозволяє диверсифікувати бізнес і збільшити частку на ринку за рахунок високих темпів зростання нових видів енергетики. Сьогодні компанія концентрує свої зусилля в сегменті вітроенергетики. Діяльність ДТЕК у цьому напрямку координує дочірня компанія «Вінд Пауер».

За підсумками 2012 року ці дві компанії: ТОВ «Вітряні парки України» та «Вінд Пауер», встановили майже 98% всіх нових потужностей.

Висновки. Отже, територія Карпатського регіону має вітропотенціал з середньорічною швидкістю вітру 6,5-7,5 м/сек, що дозволяє будувати промислові вітроелектростанції (ВЕС). Для ВЕС доцільно використовувати вітротурбіни (ВЕУ) потужністю 2,0-4,0 МВт, які виготовляються різними іноземними виробниками, а також вищеперерахованими українськими фірмами. Технології вищевказаних ВЕУ в основному подібні – три лопаті з гондолою утримуються на металевій башті висотою до 120 м. В гірських умовах приходиться виконувати значні об’єми земляних робіт по будівництву під’їзних доріг до території ВЕС, проммайданчиків для монтажу ВЕУ.

Карпатський регіон має хороші можливості для впровадження малих ВЕС (потужністю до 50 кВт), в тому числі на територіях приватних будинків потужністю до 30 кВт з продажем електроенергії енергопередавальним організаціям (Обленерго) по «зеленому» тарифу (20 євроцентів за 1 кВт·год), проте такі схеми ВЕС поки що не впроваджуються.

Впровадження об’єктів використання вітрової енергії перспективна важлива складова сталого розвитку Карпатського регіону.

Для розвитку вітрової енергетики у Карпатському регіоні немає об'єктивних ресурсних, технічних, режимних, екологічних і економічних перешкод.

Література

1. Закон України про внесення змін до Закону України "Про електроенергетик у" щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії ВР України / Закон від 20.11.2012 № 5 485-VI, діє з 01.04.2013.

2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www. cfin.ru/press/management/2001-6/13.pshtml.www.rao-es.ru/ru/reforming/foreign/mo-/England.pdf.

3. ООО "Фурлендер Виндтехнолоджи".[Електронний ресурс]. – Режим доступу: fwt.com.ua.

4. Українська Вітроенергетична Асоціація (УВЕА). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.uwea.com.ua.

5. Financing Municipal Energy Efficiency Projects. Mayoral Guidance Note #2 [Electronic Resource] / Dilip Limaye, William Derbyshire / Energy Sector Management Assistance Program, The World Bank. – 2014. – Mode of access: http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/ FINAL_MGN1 Muni-cipal%20.

6. Introduction to the IEC 61400-1 standard, 2008. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.windpower.org/download/461/introduction_to_the_iecpdf.

УДК 620.9

Мандрик О. М.
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВІТРОВОЇ І СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ

Стаття присвячена перспективам і проблемам використання відновлюваних джерел енергії на прикладі вітрової і сонячної. Проведений ретроспективний аналіз використання вітрової і сонячної енергії в Карпатському регіоні, представлені карти оцінки валового річного потенціалу й технічно досяжного. Обґрунтовані перспективи розвитку.

Ключові слова: вітрові електростанції, сонячні електростанції, Карпатський регіон

Статья посвящена перспективам и проблемам использования возобновляемых источников энергии на примере ветровой и солнечной. Проведенный ретроспективный анализ использования ветровой и солнечной энергии в Карпатском регионе, представлены карты оценки валового годового потенциала и технически достижимого. Обоснованы перспективы развития.

Ключевые слова: ветровые электростанции, солнечные электростанции, Карпатский регион

The article is devoted to the prospects and problems of renewable energy for example wind and solar. The retrospective analysis of the use of wind and solar energy in the Carpathian region, presented the map of gross annual potential and technically feasible. Grounded prospects of developed.

Keywords: wind power, solar power, Carpathian region

Постановка проблеми. Протягом багатьох десятиліть, поновлювані джерела енергії були в невигідному становищі через низький рівень розвитку науки, мінімальну підтримку субсидіями і глобальні енергетичні структури, які були спрямовані на забезпечення потреб традиційної енергетики. Невтішним є також той факт, що Україна займає перше місце в рейтингу топ-10 країн з найвищим рівнем дотацій для викопного палива у відсотковому відношенні до ВВП [3]. Для України, особливо в такий складний момент, стратегічно важливо розвивати напрямки «майбутнього», а не продовжувати викачувати гроші в уже віджилі застарілі та дорогі технології минулого. Необхідно йти прогресивним шляхом - з користю для суспільства і використанням екологічно чистих відновлюваних джерел енергії, що будуть довго служити на благо наступних поколінь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні порівняно з країнами Західної Європи використання відновлюваних джерел енергії знаходиться на низькому рівні. Виробіток електроенергії за допомогою відновлюваних джерел складає близько 4 %. До 2030 року на рівні держави заплановано довести цей відсоток до 20%, тоді як в ЄС до 2050 року заплановано 50 % всієї електроенергії виробляти з відновлюваних джерел [2].

Наприклад, у вітроенергетичному секторі на даний час працюють біля 70 країн світу. Серед країн з найбільшими потужностями вітроенергетики – Німеччина, США, Іспанія, Індія, Китай, Данія. В країнах ЄС до 2020 року планується довести виробництво вітрової електроенергії до 10 % від загального обсягу електрогенерації [4].

Інститутом відновлюваної енергетики НАН України розраховано потенціал основних видів НВДЕ, зокрема: сонячної, вітрової, малої гідроенергетики та ін., і на основі отриманих результатів створено «Атлас енергетичного потенціалу НВДЕ в

© Мандрик О. М., 2016

Україні» [1]. Згідно цих результатів досліджень, Україна має значний потенціал для розвитку відновлювальних джерел енергії, а особливо Карпатський регіон.

Формулювання цілей статі. Метою роботи є проведення ретроспективного аналізу використання вітрової і сонячної енергії в Карпатському регіоні, виявлення проблем, оцінка потенціалу і перспектив розвитку.

Виклад основного матеріалу. Ретроспективний аналіз використання вітрової енергії в Україні дозволяє виділити два етапи. Перший етап розвитку вітроенергетики України відноситься до радянського періоду – 30-ті роки минулого століття. У 1931 році в Балаклаві (Крим) була споруджена перша у світі вітроелектростанція (ВЕС), основою якої був діючий експериментальний вітроагрегат потужністю 100 кВт конструкції геніального винахідника Юрія Кондратюка. Згодом ним же був спроектований вітряк на 1000 кВт; наступним його проектом був двоярусний вітроагрегат загальною потужністю 10 МВт (по 5000 кВт на кожному рівні). Нажаль, ідеї Кондратюка так і залишилися проектами так як на той час не знайшлося техніки, спроможної підняти обладнання на висоту Ай-Петрі.

Невеликі вітроагрегати потужністю до кількох кіловат широко використовувалися в Україні до Другої світової війни. Річне виробництво вітроагрегатів потужністю до 5 кВт Херсонським заводом сільськогосподарських машин сягало 2 тисяч на рік. В Україні працювало близько 6000 вітроагрегатів, які, за незначним винятком, були зруйновані [3].

У 40-роках навчилися використовувати атомну енергію, і в ейфорії нових можливостей про використання енергії вітру забули на 40 років.

Другий етап розвитку вітроенергетики збігся з початком процесу конверсії в колишньому Радянському Союзі, а потім уже і з існуванням України як самостійної держави.

Початок створення вітчизняної вітроенергетики можна віднести до 1994 р., коли була видана постанова Кабінету Міністрів України від 15.06.1994 р. № 415 «Про будівництво вітрових електростанцій». Виробництвом перших серійних українських вітроустановок займалися підприємства військово-промислового комплексу на чолі з «Південмашем». Ці установки потужністю 107 кВт кожна у кількості 550 штук представляють собою основу промислового парку на Донузлавській, Сакській, Новоазовській, Тарханкутській і Трускавецькій вітроелектростанціях (рис.1).

Рис. 1. Вітрові електростанції України станом на кінець 2014 р. за даними Forbes.ua

Що ж до Карпатського регіону, то при Галицькому машинобудівному заводі також з 1997 року виготовлялись серійні вітроустановки. Деякі з яких були встановлені і в Івано-Франківській області, зокрема у с. Крилос Галицького району, проте із-за невдалого місця розташування вітроустановки очікуваного результату неотримано, а згодом установки і взагалі демонтовано.

В цей період була встановлена *Трускавецька (Східницька ВЕС)*. Потужність 0,7 МВт. ВЕС приєднана ПЛ 10 кВ до ПС 35/10 кВ «Східниця-80», яка має зв'язок з шинами 35 кВ ПС 220 кВ «Борислав».

Східницька ВЕС або Трускавецька ВЕС - пілотна вітрова електростанція загальною встановленою потужністю 750 кВт. Вона розташована в урочищі Бухів (939,5 м) поблизу селища Східниця, Львівської області.

За проектом першої черги Трускавецької ВЕС, розробленим ПКБ "Львівенергоналадка" ВАТ "Львівобленерго", розпочато будівництво Рибницької ВЕС встановленою потужністю 4515 кВт.

На сьогодні асоціація органів місцевого самоврядування «Єврорегіон Карпати – Україна» завершила роботу із реалізації проекту «Енергія Карпат», який тривав із січня до жовтня 2015 року. Нині на території Львівської, Закарпатської, Івано-Франківської областей діє проект під назвою "Енергія Карпат", ініціатором проведення якого є Фонд Східна Європа за кошти, надані Telenor Group в Україні, Посольством Фінляндії в Україні та Агентством США з Міжнародного Розвитку (USAID). Цей проект має на меті підвищення якості публічних послуг, які надають у галузі енергозбереження в українській частині Карпатського Єврорегіону, шляхом аналізування наявних енергетичних ресурсів у гірських районах Львівщини, Івано-Франківщини та Закарпаття, а також охорона довкілля через використання власних енергоносіїв. Результатом цього проекту має бути підготовка конкретних інвестиційних пропозицій щодо встановлення вітрових електростанцій та втілення їх на практиці [4]. Цей проект спрямований на демонстрацію практичних можливостей використання альтернативних джерел енергії у гірських районах, зокрема, у Дрогобицькому, Сколівському та Старосамбірському районах Львівської області, а також у Великоберезнянському районі Закарпатської області та Долинському районі Івано-Франківської області.

В рамках цього проекту було досліджено наявні енергетичні ресурси у п'ятьох гірських вище згаданих районах. А отримані результати дали можливість оцінити фактичне споживання у них по видах ресурсів з одного боку, та оцінити ресурси альтернативних, перш за все відновлюваних джерел енергії, – з другого.

Надзвичайно важливим досягненням проекту «Енергія Карпат» є перша практична реалізація його інфраструктурних складових – встановлення першої на Західній Україні вітроелектростанції «Старий Самбір-1», яка почала уже постачати електроенергію в національну енергосітку. Офіційне її відкриття відбулось 19 лютого 2015 року. Унікальність цього проекту полягає у тому, що вперше на теренах України вітроелектростанція споруджена у гірській місцевості.

Для обґрунтування розташування ВЕС основним аргументом є параметри вітру на проммайданчику перспективної ВЕС. Для оцінки вітропотенціалу спеціалізованими фірмами проводяться відповідні заміри з допомогою вимірювальних мачт висотою 70-80 м, вимірювальною апаратурою з передачею інформації в розрахунковий центр з допомогою мобільного зв'язку на протязі одного року. Звіт по таких замірах проходить аудит акредитованих фірм. В звіті розраховуються величини річного виробітку електроенергії кожною ВЕУ. Місце встановлення ВЕУ вибирається фірмою, яка готує звіт, для кількох типів ВЕУ, місця аналізуються з точки зору реального стану земельних ділянок під об'єкти ВЕС. Важливим є схема приєднання ВЕС до електричних мереж. Для цього розробляється ТЕО схеми приєднання, в якому обґрунтовуються різні варіанти приєднання, розраховуються режими роботи електромережі, яка знаходиться в зоні ВЕС, вибирається оптимальна схема приєднання ВЕС до електромереж. При значних затратах

на приєднання (більше 15 % від вартості ВЕС) може бути прийнято рішення про закриття проекту.

Досвід роботи ВЕС «Старий Самбір-1», де встановлено в рамках першої черги дві ВЕУ фірми Vestas типу V112-3,3, одиничною потужністю 3,3 МВт кожна, з висотою башти 119 м показав на успішне вирішення вказаних проблем навіть в умовах зимового періоду.

Карпатський регіон має хороші можливості для впровадження малих ВЕС (потужністю до 50 кВт), в тому числі на територіях приватних будинків потужністю до 30 кВт з продажем електроенергії енергопередавальним організаціям (Обленерго) по «зеленому» тарифу (20 євроцентів за 1 кВт·год), проте такі схеми ВЕС поки що тільки в перспективних планах.

У Городоцькому районі Львівської області компанія з Німеччини «Нью Енерджі Груп» хоче збудувати вітрову електростанцію. Планується встановити на території колишнього військового аеродрому в с.Черляни 8 вітряків, які матимуть загальну потужність 24 МВт. Представники французьких компаній «Бетен Інтернешнл» та «Валорем» презентували інвестиційний проект будівництва сучасної вітроелектростанції на території Дрогобицького району потужністю 10 МВт. У перспективі такі станції згадані компанії планують збудувати на території Жидачівського, Пустомитівського, Сколівського районів Львівської області та Тлумацького району Івано-Франківської області.

Перспективними щодо розвитку вітроенергетики є Яворівський, Мостиський, Золочівський, Сколівський, Дрогобицький, Турківський, Старосамбірський райони та Косівський, Городенківський, Верховинський, Долинський, Надвірнянський райони Івано-Франківської області. Нині ініціативу українських та іноземних інвесторів щодо розвитку ВЕС у Карпатах стримують малопотужні лінії електропередач.

Перспективними планами використання відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії на Львівщині до 2020 року передбачається будівництво вітрових електростанцій загальною потужністю 400 МВт. У Львівській області почали реалізовувати проект будівництва ВЕС – на г. Орів Сколівського району.

Територія Карпатського регіону має вітропотенціал з середньорічною швидкістю вітру 6,5-7,5 м/сек, що дозволяє будувати промислові вітроелектростанції (ВЕС) (рис.2).

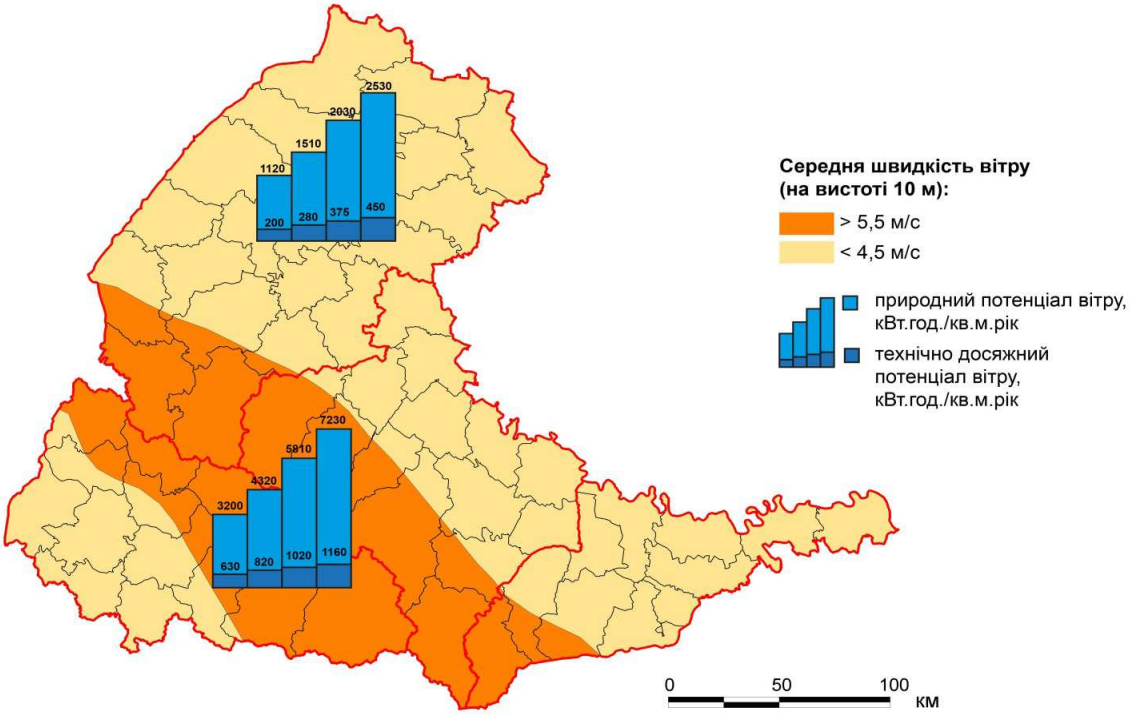


Рис. 2. Потенціал вітру у Карпатському регіоні

Для ВЕС доцільно використовувати вітротурбіни (ВЕУ) потужністю 2,0-4,0 МВт, які виготовляються різними іноземними виробниками, а також українською фірмою «Fuhrlander Виндтехнолоджи» (м. Краматорськ, Україна). Технології вищевказаних ВЕУ в основному подібні – три лопаті з гондолою утримуються на металевій башті висотою до 120 м. В гірських умовах приходиться виконувати значні об'єми земляних робіт по будівництву під'їзних доріг до території ВЕС, проммайданчиків для монтажу ВЕУ.

Отже, Україна, відповідно до Енергетичної програми до 2030 р., взяла курс на розвиток альтернативної енергетики. Серед основних технологій використання поновлюваних джерел енергії нині найбільш динамічно крім вітроенергетики, розвивається сонячна енергетика.

Енергія сонця екологічно чиста, практично невичерпна, яка є повсюди. Зона Карпатського регіону має достатній потенціал сонячної інсталяції, який дає можливість будувати сонячні фотовольтажні електростанції (СЕС).

Перша промислова сонячна електростанція (СЕС) в Україні була побудована у 1985 р. у Криму і мала пікову потужність 5 МВт - стільки само, скільки й перший ядерний реактор. За 10 років роботи вона виробила 2 млн кВт/год електроенергії, проте вартість такої електрики виявилася досить високою і у середині 1990-х її закрили.

Що ж стосується Карпатського регіону, то в Івано-Франківській області введено в дію першу у вище згаданому регіоні сонячну електростанцію «Богородчани-1». Розташована вона у селі Старі Богородчани. Основу станції складають 12 тисяч фотовольтажних модулів чеського виробництва, розміщених на земельній ділянці площею 6 га у селі Старі Богородчани. Ця станція виробляє близько 3 млн кВт/год. електроенергії на рік, яка подається в об'єднану електромережу України.

Вже готуються дві ділянки – у Снятинському та Коломийському районах для встановлення сонячних батарей. Наразі проводять дослідження та збір наукової інформації про можливі місця їх спорудження.

Для СЕС на І-му етапі з врахуванням характеру рельєфу місцевості проводиться розстановка сонячних панелей попередньо вибраних типів і визначається очікувана пікова потужність СЕС. З застосуванням різних програм проводиться розрахунок очікуваного виробництва електроенергії з визначеною піковою потужністю для конкретного місця розташування СЕС.

У Львівській області працюють дві СЕС (Самбірська СЕС і Самбірська СЕС-2) в с. Ралівка Самбірського району, загальною потужністю 4,18 МВт. В 2015 р. на Самбірській СЕС-2 планується збудувати ІІІ-ю чергу потужністю 3,90 МВт. На діючих СЕС застосовані панелі з полікристалічних і монокристалічних елементів.

В цілому головними перевагами використання сонячної енергії є: екологічна чистота, надійність та можливість довготривалої експлуатації, безпека (наявність автоматичного захисту від короткого замикання, перегріву, перевантажень приладів; розряджання акумуляторів), простота монтування і розбирання, стійкість до впливу природних факторів.

Проте слід зазначити й деякі недоліки. По-перше, для відносно невеликої величини потужності сонячної енергетики потрібне використання великих земельних площ під електростанції. Для проекту СЕС дуже важливим є вирішення питання оренди землі, бажано вибрати землю не сільськогосподарського призначення і не розпайовану. На 1 МВт приходиться орендувати біля 2,5 га землі. По-друге, СЕС не працює вночі і недостатньо ефективно працює у ранкових і вечірніх сутінках. При цьому пік споживання електроенергії припадає саме на вечірні години.

Крім того, вироблення електроенергії може стрімко і несподівано коливатися внаслідок змін погоди. Для подолання цих недоліків потрібно або використовувати ефективні електричні акумулятори (на сьогодні це поки що невирішена проблема), або будувати гідроакумулюючі станції, які теж займають велику територію, або використовувати концепцію водневої енергетики, яка також поки далека від економічної

ефективності. Проблема залежності потужності сонячної електростанції від часу доби і погодних умов може бути вирішена спорудженням сонячних аеростатних електростанцій. Ще один шлях вирішення проблеми - будівництво гібридних електростанцій, тобто вдень електроенергія виробляється параболічними концентраторами, а вночі - з вітру.

По-третє, сонячні фотоелементи високовартісні. Ймовірно, з розвитком технології цей недолік буде подолано. Ще одним недоліком є недостатній ККД сонячних елементів. Крім того, поверхню фотоелектричних панелей періодично потрібно очищувати від пилу та інших забруднень. Ефективність фотоелектричних елементів значно знижується при їх нагріванні, тому виникає необхідність в установці систем охолоджування, зазвичай водяних. Знижується вона також і через 30 років експлуатації, що теж належить до проблемних питань.

Незважаючи на екологічну чистоту отримуваної енергії, самі фотоелементи містять отруйні речовини, наприклад, свинець, кадмій, галій, миш'як тощо, у їх виробництві використовуються також інші небезпечні речовини. Сучасні фотоелементи мають обмежений термін експлуатації (30-50 років), їх активне застосування передбачатиме виникнення проблеми їх утилізації. Тому останнім часом починає активно розвиватися виробництво тонкоплівкових фотоелементів, у складі яких міститься близько 1 % кремнію, завдяки чому вони дешевші у виробництві, але поки мають меншу ефективність.

Отже, сонячне випромінювання є загальнодоступним і невичерпним джерелом енергії. Теоретично сонячна енергетика вирізняється повною безпечністю для навколишнього середовища, якщо не брати до уваги наявність отруйних речовин у фотоелементах.

Карпатський регіон достатньо придатний для використання сонячної енергії. Сонячне випромінювання яке падає на поверхню складається з прямої та розсіяної радіації. Інтенсивність поступлення сумарної радіації на земну поверхню визначається в першу чергу географічною широтою і прозорістю атмосфери. Радіаційні характеристики для кожної області різні. Річний потік сонячного випромінювання для Карпатського регіону становить 1100-1115 кВт/м^2.

На даний час в нашій країні і в Карпатському регіоні, порівняно з країнами Західної Європи використання сонячної енергії знаходиться на низькому рівні. В Івано-Франківській області працює вище згадана Стаобогородчанська СЕС потужністю (2,8 МВт) та декілька невеликих станцій в приватному секторі потужністю до 10 кВт.

У Львівській області працюють Самбірські СЕС загальною потужністю 4,18 МВт У Закарпатській області фотоелектричні станції загальною потужністю 5,4 МВт.

Сонячна енергія може бути перетворена в теплову, механічну і електричну енергію. Перетворення сонячної енергії у електричну здійснюється фотоелектричними кремнієвими панелями. Сонячні елементи з яких виготовляють фотоелектричні панелі в залежності від матеріалу і технології виготовлення, діляться на кремнієві (об’ємні, тонкоплівкові) і сонячні елементи на основі з’єднань AzBz, CdS/CdTe, А3В3 та інші.

В залежності від структури матеріалу сонячні елементи діляться на кристалічні, полікристалічні, аморфні. Найбільший розвиток виробництва сонячних елементів отримали на основі монокристалічного кремнію. Коефіцієнт корисної дії монокристалічних становить 14-17%, полікристалічних 12-14%

Найбільший розвиток в області тонко плівкових сонячних елементів отримали технології: аморфного кремнію; Cd/Cd Te CuInSe2. Аморфні сонячні панелі мають ряд цих переваг: велика напруга холостого хода, можливість нанесення на великі площі, використання в якості підложок різніх матеріали, енергозберігаюча технологія, низька вартість. Тонкоплівкові полікристалічні елементи промисловість випускає на основі CdS/CdTe с ККД 8% та з високою стабільністю.

Безумовно, для розвитку фотоелектричної енергетики в Карпатському регіоні та в країні в цілому необхідно мати власну індустрію чистого кремнію. Якщо створити в регіоні виробництво власного чистого кремнію – це б забезпечило розвиток

наноелектроніки, випуск сонячних елементів, сонячних панелей. Україна звільнилася б від імпортної залежності й одночасно це дало б можливість формувати потужній експортний потенціал. В Карпатах є сировина: кремній, кремнієві піски, які можна було б використовувати для виробництва чистого кремнію.

Внаслідок зусиль вчених інженерів вартість сонячних елементів вдалось довести до 0,5 – 1,0 евро за 1 Ват потужності. Наші вітчизняної сонячні елементи по вартості могли б бути у два рази дешевше, якщо використовувати новітні розробки наших вчених та світові досягнення у виробництві сонячних елементів. Для цього потрібно сконцентрувати зусилля вчених інженерів на вирішення встановлених завдань, надати відповідне фінансування.

Для налагодження власного повного виробництва сонячних панелей необхідні багатомільйонні інвестиції. Такі інвестиції можуть надавати тільки під державні гарантії. Для потужного розвитку сонячної енергетики в Україні необхідно, щоб була прийнята дієва державна програма по створенню власного виробництва фотоелектричних панелей.

Фотоелектричні системи мають дві основні системи: перша – це яка складається з сонячних панелей, контролера, інвертора. Така схема використовується там, де є велике споживання електроенергії на великих сонячних станціях. Це виробництво, учбові заклади, багатоквартирні будинки. Друга схема складається з сонячних панелей, контролера, інвертора та акумуляторних батарей. Ця схема використовується для невеликих сонячних станцій потужність до 10 кВт, на великих приватних будинках, садибах «зеленого туризму». Вартість таких систем від 500 до 25 тисяч доларів. Термін окупності фотоелектричних систем без продажу електроенергії по «зеленого тарифу» 5-20 років, а при продажі по «зеленому тарифу» 7-8 років.

Карпатський регіон достатньо придатний для використання сонячної енергії. Річний потік сонячного випромінювання для Карпатського регіону становить 1000-1115 кВт год./м^2[1], що сприятливо для будівництва об’єктів використання сонячної енергії як малого, так й промислового масштабів (рис. 3).

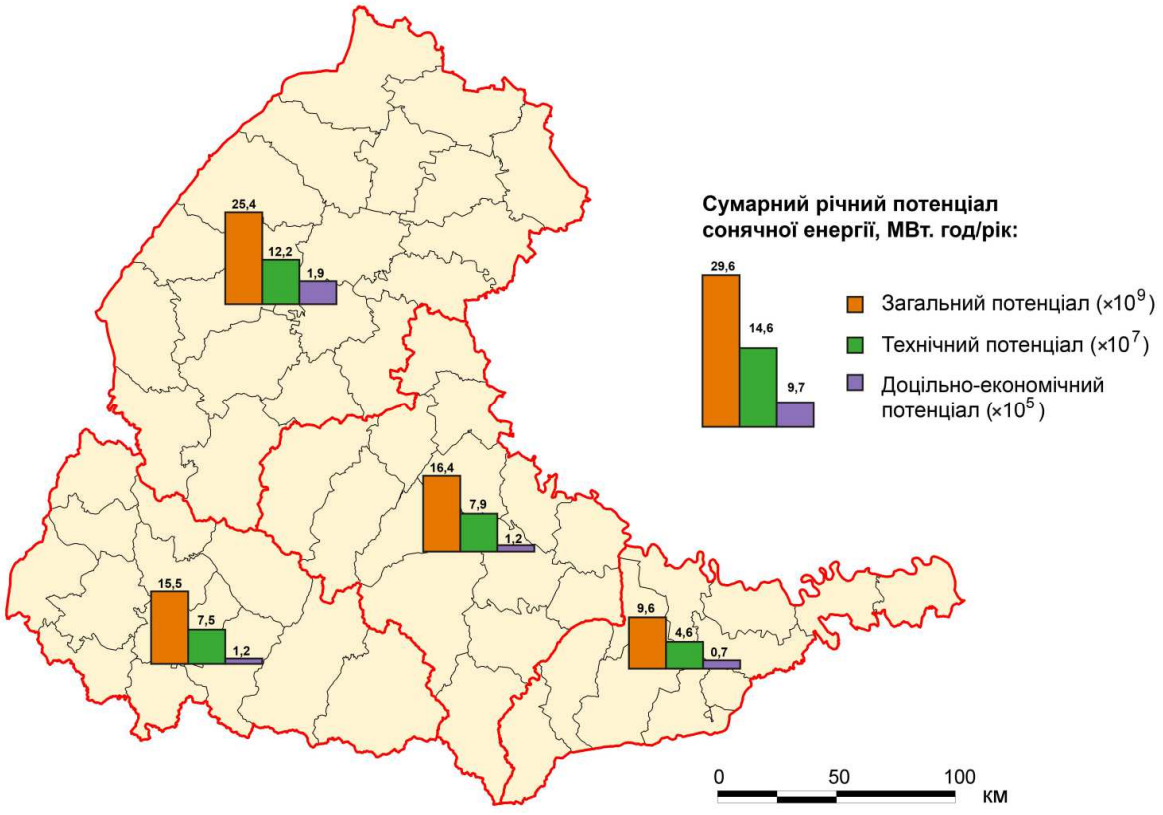


Рис. 3. Потенціал сонячної енергії у Карпатському регіоні

Немаловажним фактором для використання фотоелектричних панелей (перетворювачів) є їх підвищення ККД. Підвищення ККД фотоелектричних перетворювачів розвивається у 3-х напрямках.

Перший – це конструктивні вдосконалення. До них належать:

- збільшення поверхні сонячних панелей;
- антивідбивні покриття, які допомагають наростити частку випромінювання, що проходить у кремнієвих напівпровідниках;
- оптичні концентратори сонячних потоків;
- плоскі, відбивні концентратори сонячних потоків;
- примусове охолодження поверхонь фотоелектричних панелей.

Другий напрямок становлять технологічні вдосконалення (використання нових матеріалів). Тут перспективним слід уважати:

- тонкі плівки Si, отриманні надвисоким частотним хімічним осадженням з парової фази (CVD) на підкладках металічних і склоподібних, це економить напівпровідниковий матеріал у понад 10 разів;
- багатошарові структури напівпровідника з градієнтом ширини забороненої зони Eg від «оптичного вікна» до значень, характерних для вузькощилинних матеріалів. Це дає можливість використовувати для генерування струму довгохвильові кванти ІЧ діапазона;
- органічні напівпровідники, у яких ефективність перетворення сягає 7-10 %.

Третій напрям - це нові принципи роботи сонячних панелей, а саме:

- панелі на основі квантових надграток, які практично використовують весь спектральний діапазон сонячного випромінювання;
- квантові точки, збудовані в напівдіелектричній матриці.

Висновки з даного дослідження та перспективи. Світові тенденції розвитку альтернативних, відновлювальних джерел енергії – це розвиток і використання, насамперед, нескінченої вітрової і сонячної енергії.

Україна, відповідно до Енергетичної програми до 2030 р., взяла курс на розвиток альтернативної енергетики. Реально поки що лише поновлювані джерела енергії є найперспективнішим і найефективнішим напрямом удосконалення паливно-енергетичного комплексу та скорочення споживання органічного палива, завдяки чому можна значно скоротити обсяги викидів парникових газів та інших шкідливих інгредієнтів у природне довкілля і поліпшити його стан.

Незважаючи на позитивну динаміку, рівень розвитку сонячної і вітроенергетики в Україні є досить низьким у порівнянні з іншими країнами Європи. Це обумовлене як економічним станом держави, так і рядом об’єктивних негативних факторів.

Необхідно, щоб держава створювала всі умови для стимулювання розвитку відновлювальних джерел енергії у вигляді промислових і приватних об’єктів.

Вітрові і сонячні станції, як й всі інші техногенні об’єкти мають проблеми впливу на довкілля, що зумовлені впливом на птахів, шумом, використанням земельних угідь, а також естетичним впливом на ландшафт. Загалом, вплив перелічених факторів від відновлюваних джерел енергії (за винятком шуму й електромагнітного випромінювання) визначається як несуттєвий у порівнянні з традиційними джерелами отримання електроенергії.

Слабким місцем розвитку відновлюваної енергетики у Карпатах є нестабільність вітрів в улоговинах, відсутність детальних даних спостережень, залежність вироблення енергії від часу доби, метеоумов і, як результат, необхідність у мобільних резервних джерелах. Якими вони мають бути, яку частину потужностей слід резервувати, де повинне бути місце резервних потужностей — задачі, розв’язання яких потребує серйозних досліджень.

Література

1. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. – К., 2008. – 54 с.

2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www. cfin.ru/press/management/2001-6/13.pshtml.www.rao-es.ru/ru/reforming/foreign/mo-/England.pdf.

3. Енергетика, сучасність і майбутнє. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://energetika.in.ua/ua/

4. Програма фінансування альтернативної енергетики України (USELF). Посібник для девелоперів. - Київ, 2014. – 244 с.

ДНІСТРОВСЬКИЙ ПРОТИПАВОДКОВИЙ ПОЛІГОН

УДК 556.502.51

Яремко О. Є., Витриховський Є. А.
Українська гімназія №1,
м. Івано-Франківськ

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ ПОВЕНЕЙ НА РІЧЦІ ДНІСТЕР

Повені та паводки на річці Дністер часто наносять великі екологічні та економічні збитки прилеглим територіям. Оптимізуючи русло для швидкого пропуску великої кількості води або акумулювання її в безпечних місцях зменшить ризик негативних наслідків. Напрацьовані методи та засоби для захисту прилеглих територій від затоплення.

Ключові слова: річка Дністер, повінь, паводок, збитки, дамба, шлюз-регулятор.

Наводнения и паводки на реке Днестр часто наносят большие экологические и экономические убытки прилегающим территориям. Оптимизируя русло для быстрого пропуска большого количества воды или ее аккумулирование в безопасных местах уменьшит риск негативных последствий. Наработаны методы и средства для защиты прилегающих территорий от затопления.

Ключевые слова: река Днестр, наводнение, паводок, убытки, дамба, шлюз-регулятор.

Floods and overflows on the Dniester River often cause great environmental and economic damage to the surrounding area. The risk of negative effects can be eliminated by the reduction of the riverbed for quick passing of large amounts of water and its accumulation in safe places. The methods and means to protect surrounding areas from flooding have been worked out.

Key words: the Dniester River, flood, overflow, damages, dike, canal check.

Постановка проблеми. На ріках, які беруть свій початок в горах та передгір'ї Карпат періодично відбуваються паводки та повені, які наносять великі збитки – це руйнування будівель, мостів, доріг, знищують урожаї, змінюють площі земель територіальних громад. Наслідками таких катастрофічних явищ є перезволоження і обводнення територій сільськогосподарського використання, змив верхніх прошарків гру нуту, замулювання, скорочення ділянок внаслідок підмиву та обвалювання берегової зони. Окрім цього спостерігаються і суто географічні процеси. До них належить збільшення структурного фізико-географічного (ландшафтного) різноманіття території, внаслідок плямистого перезволоження або замулювання та твердих наносів (переважно різносортного алювію). Поряд з ним у окремих місцях спостерігається зменшення попереднього ландшафтного різноманіття внаслідок вирівнювання паводково-повеневих процесів [1].

Катастрофічний паводок на р. Дністер 23-27 липня 2008 р. наніс збитки лише в Тисменицькому районі Івано-Франківської області понад 80 млн. гривень. Повені, водопілля і паводки мають різне походження і швидкості проходження, тому вимагають різних підходів до підготовки і реагування з метою захисту населення. Головною відмінністю дощових паводків є їх висока швидкість формування і, як наслідок, складність для завчасного прогнозу і раннього попередження населення. Русло річки є одним з визначальних чинників, які впливають на наслідки повеней та паводків. Для зменшення руйнівної дії паводкових витрат, переливу води через огороджувальні дамби

© Яремко О. Є., Витриховський Є. А., 2016

запропоновано влаштувати спеціальні ємності, в яких накопичується частина витрати в період проходження паводку [2]. Тим самим зменшуються витрати, а значить, і рівні води.

Переведення поверхневого стоку в підземний можна також значно зменшити руйнівну силу річок в період повеней і паводків, збільшити запаси підземних вод. Відомо, що інфільтрація атмосферних опадів не компенсує спрацьовані запаси при інтенсивній експлуатації підземних вод, в той час як поверхневі водотоки в періоди повеней і паводків виносять велику кількість чистої прісної води гірських річок, затоплюючи прилеглі населені пункти та сільськогосподарські угіддя. Ці води потрібно переводити в підземний стік [3]. Штучне поповнення підземних вод широко застосовується у ФРН, Нідерландах, Франції, США та інших країнах, в яких процент штучного поповнення підземних вод по відношенню до використаних підземних вод досягає 40-50 %. Наприклад, водопостачання Амстердама і ряду інших об'єктів у Нідерландах базується на штучному поповненні підземних вод [3]. Дослідження і оптимізація русла р. Дністер для швидкого пропуску великої кількості води або її акумулювання в безпечних місцях при повенях та паводках сприятимуть зменшенню ризику негативних наслідків.

Виклад основного матеріалу. Аналізуючи чинники, які призводять до повеней та паводків приходимо до висновку, що головний чинник – кліматично-метеорологічний не піддається надійному прогнозу. В такому випадку необхідно бути максимально готовим до таких явищ. Статистично можна визначити максимальну кількість води, яка буде заповнювати русла річок, і зокрема русло р. Дністер, а також швидкість її руху [4].

Інші чинники – орографічний, геоморфологічний та антропогенний є відомі і їх вплив достатньо прогнозований.

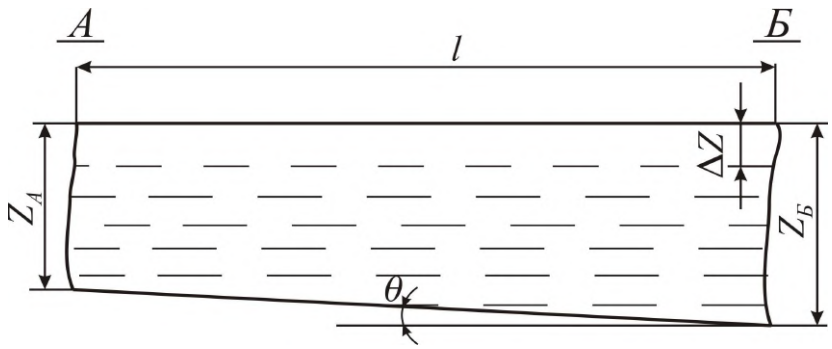
Зважаючи на це, слід якомога швидше вживати невідкладних заходів щодо попередження і уникнення наслідків повеней [5].

Аналізуючи рух рідини у відкритому руслі [6] приходимо до висновку, що залежність швидкості в перерізі русла не є простою, біля берегів значно менша ніж на середині і залежить від нахилу русла. Дослідження показують, що шар, який безпосередньо примикає до русла, в результаті тертя об дно і стінки русла рухається з найменшою швидкістю. Наступний шар має вже більшу швидкість, тому, що він контактує не з нерухомим руслом, а з першим шаром, який рухається повільно. Максимальну швидкість фіксують у тій частині потоку, яка найбільш віддалена від дна і стінок русла. Шаруватий рух потоку, при якому швидкість послідовно зростає від дна і стінок русла до середньої частини називають ламінарним. Слід зазначити, що в річках де форма, напрям і характер русла сильно відрізняється від правильного коритоподібного русла потоку, ламінарний рух майже ніколи не спостерігається. Вигини русла, нерівності дна і стінок потоку, мілини все це серйозно змінює швидкість течії і напрям потоку. Різко зростають швидкості течії, а також гвинтоподібні струмені і вихороподібні рухи та пульсації ускладнюють рух води і він стає складним – турбулентним.

При повенях, накопичується велика кількість води, яка наповнює русло річки. Основна функція русла – це утримування і забезпечення переміщення води.

Розглянемо схему, зображену на рис. 1, наповнення і переміщення води в руслі ріки на ділянці довжиною l між крайніми перерізами *А* і *Б*.

Рухома вода, яка знаходиться в перерізі *А* в певний час володіє енергією, що забезпечує їх рух по руслу. Ідеально, при відсутності тертя води до дна і берегів ця кількість води з такою ж енергією перемістилась би в січення *Б*. Реально частина енергії затрачається на тертя води до дна, берегів і подолання різних перешкод (нерівності дна і берегів, острови, повороти русла, мілини тощо). Таким чином за рахунок зменшення енергії рух води сповільнюється і частина її затримується в розглядуваній ділянці, тобто через переріз *Б* за певний проміжок часу пройде менша кількість води порівно з перерізом *А*, що призводить до підняття рівня, який позначений ΔZ на рис. 1.



θ - кут нахилу дна; А, Б – перерізи русла; $Z_A, Z_Б$ - глибина русла в перерізах А і Б

Рис. 1. Наповнення і переміщення води в руслі ріки

Позначимо *Q* кількість води, яка протікає через певний переріз русла в заданий момент часу (продуктивність), а середню швидкість води – *V*, то

$$Q=V\cdot\omega.$$

де ω – площа поперечного перерізу русла.

Для зменшення негативної дії повені необхідно, щоб продуктивність русла була більшою, а з формули бачимо, що це відбудеться при збільшенні *V* і ω. Для збільшення швидкості течії, а також збільшення площі перерізу русла необхідно, щоб кількість перешкод в руслі була найменшою.

Для прикладу, розглянемо окремі з них, які знаходяться на ділянці русла р. Дністер від смт. Єзуполя вздовж берега в с. Побережжя і до с. Стриганці (рис. 2). На протилежному березі розміщенні села Дубівці і Маріямпіль. Ця ділянка вибрана тому, що тут в давні часи, коли Дністер був судноплавним, знаходився порт Чешибіси [7], який відігравав важливу торговельну роль, а також був захисною фортецею від нападів турецько-татарської орди на Галич. В архіві вдалось знайти фотографію пароплава, який плавав по Дністрі в 19 столітті (рис. 3).

Більшість з перешкод ліквідовуються при виконані днопоглиблювальних робіт, крім великих островів. Великі острови вимагають додаткових досліджень. Залежно від параметрів русел, які омивають острів, можуть бути різні варіанти оптимізації, а саме: ліквідація одного з русел, ліквідація острова або покращення пропускної здатності обох русел. Днопоглиблювальні роботи на р. Дністер виконувались в теплу пору кожного року, щонайменше з другої половини 19 століття до 40-их років 20 століття. В кожному селі, вздовж Дністра, були спеціальні бригади, які виконували, так зване багрування русла. Роботи виконували спеціальним пристроєм, який мав назву багер. У Вікіпедії значення слова багер з болгарської мови перекладається як землекопна річкова машина, а багрування – це чищення корита річки. Ймовірно, що така технологія, якимось чином, до нас прийшла з Болгарії. Русло р. Дністер знаходилось в оптимальному стані щодо судноплавства.

Для виконання робіт з ліквідації перешкод застосовують звичайні екскаватори, які не можуть забезпечити належну якість дна в порівнянні з спеціальними механізмами – багерами. Для управління та оптимізації русла бажано використовувати спеціальні машини, які забезпечать належну форму корита русла.

Для підвищення пропускної здатності р. Дністер необхідно кожну ділянку русла обстежити, виявити всі об'єкти, які є перешкодами і чинять опір руху води, щоб належним чином організувати їх ліквідацію. Звичайно, є об'єкти, які в процесі днопоглиблювальних робіт неможливо ліквідувати, для цього необхідно складати перспективні проекти та плани для реалізації. Для прикладу, міст через р. Дністер в с. Нижнів Тлумацького району (рис.4, а). Цей міст побудований понад сто років тому, його ширина (рис.4, б) дозволяє пропускати важкі автомобілі тільки в один ряд. Для забезпечення належного

транспортного потоку, в близькому майбутньому, необхідно буде спорудити новий міст з широкою проїжджою частиною, щонайменше з 4-ох рядним рухом.

Опори моста, перекривають значну частину русла, є перешкодами, під час повені, за які чіпляються великогабаритні предмети, зокрема, дерева, як показано на рисунку 4.

При будівництві нового моста через р. Дністер в с. Нижнів, а необхідність цього вже назріла, споруджувати міст арочного типу без проміжних опор, тільки на двох берегових опорах, як це показано на рисунку 5.

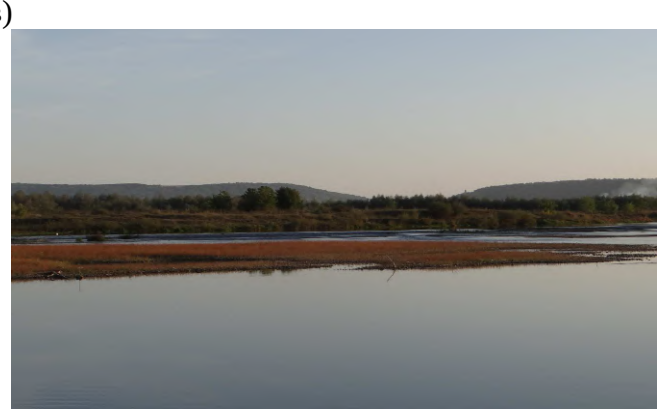
Цей приклад запозичений з Польщі (м. Краків). Міст споруджений на річці Вісла, як арочний на двох берегових опорах. Під ним вільно проходять кораблі. Вісла зберегла статус судноплавної ріки. При проектуванні інших мостів на р. Дністер і його приток варто розглядати такий варіант.

а)

б)

в)

г)



д)

а) – Коса на певній відстані паралельно до берега; б) – коса при березі;
в) – підводні гребені по ширині русла; г) – Великий острів посередині русла;
д) – малий острів вздовж русла

Рис.2. Перешкоди в руслі річки Дністер

Рис. 3. Пароплав на Дністрі (1885 р.)

а) б)

а) – загальний вигляд; б) – проїжджа частина

Рис. 4. Міст на Дністрі в с. Нижнів Тлумацького району:

Рис. 5. Міст арочного типу на Віслі в м. Краків (Польща)

Окрім того, що необхідно забезпечити збільшення пропускної здатності русла важливо не допустити виливання води за межі русла, тобто попередити затоплення прилеглих до річки територій. Забезпечення захисту територій та населених пунктів від затоплення при повенях продемонструємо на прикладі с. Побережжя. Карта с. Побережжя наведена на рис. 6. З півночі протікає ріка Дністер, а зі сходу повз село протікає невеликий потічок, який впадає в Дністер і його можна назвати малою притокою. В більшості потічок є маловодним, але стає повноводним весною при таненні снігу або в період великих дощів.

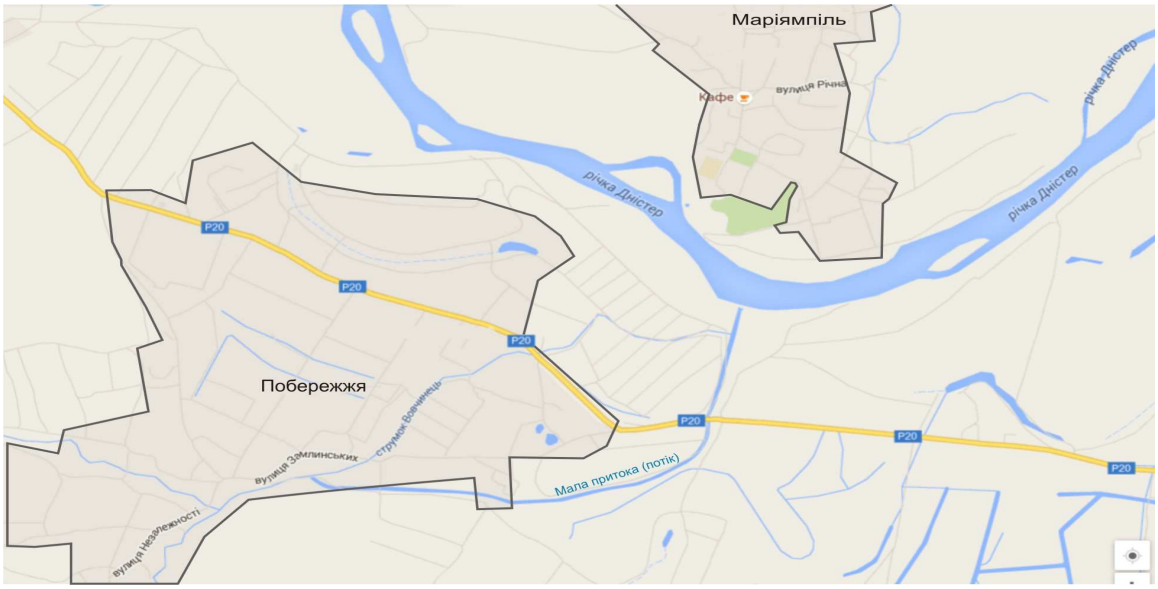
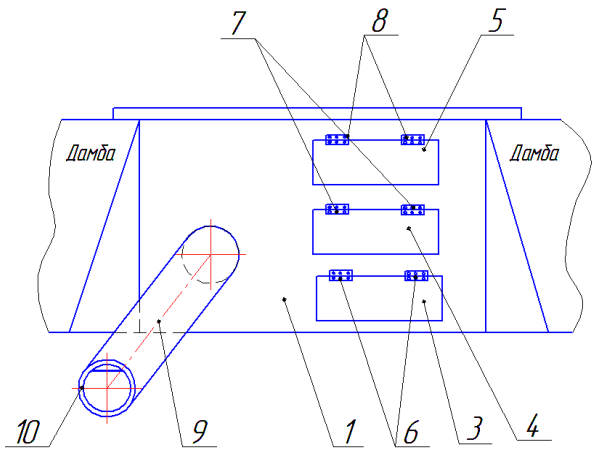


Рис.6. Карта-схема Дністра біля с. Побережжя

Після нанесених великих збитків повінню 1969 року було споруджено захисну дамбу по двох берегах Дністра на значній довжині, зокрема, с. Побережжя було захищено добротно збудованою дамбою. Разом з тим, при повені 2008 року село було затоплене. Низовинні частини довго залишались затопленими і після значного пониження рівня води в Дністрі, вода не витікала, що свідчило про заповнення через більш високі бар'єри.

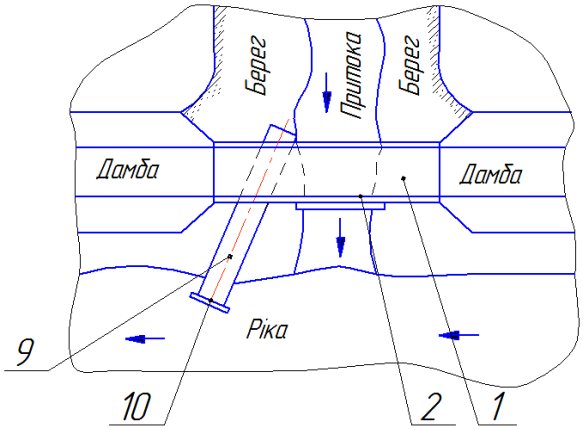
При піднятті рівня води в Дністрі вище рівня в потічку, вода з Дністра заповнювала русло потічка. Чим вище піднімався рівень Дністра, тим більше заповнювався потічок. При перевищенні рівнем води потічка його берегів, почалось затоплення території села. В таких випадках, необхідно побудувати захисні споруди, які б не допускали попадання Дністрової води в русла малих приток. Пропонується захисну споруду виготовити у вигляді шлюза-регулятора, який містить водовідбійні стінку з водопропускним отвором з клапанним затвором (рис.7). Клапанний затвор виконаний із ряду зворотних клапанів, розташованих по вертикалі, кожен із них верхньою частиною шарнірно закріплений до водовідбійної стінки з можливістю почергового (знизу догори) відкривання. У водо відбійну стінку додатково встановлено трубу аварійного скидання з зворотним клапанним затвором на викидному кінці.



1 – водовідбійна стінка; 3, 4, 5 – зворотні клапани;
6, 7, 8 – шарніри кріплення зворотних клапанів до водо відбійної стінки;
9 – труба аварійного скидання; 10 – зворотний клапан

Рис. 7. Принципова схема шлюза-регулятора

При нормальному рівні води у ріці і притоці вода з притоки тече до водовідбійної стінки і через нижній клапан попадає в річку. При піднятті води в р. Дністер до рівня затоплення клапана 3, він закриється гідростатичним тиском. Вода з малої притоки буде витікати, тільки тоді, коли її рівень підніметься до рівня клапана 4. При піднятті рівня води в Дністрі до рівня затоплення клапана 4, аналогічно спрацює клапан 5 при відповідному піднятті рівня в малій притоці. Якщо, і в Дністрі і в малій притоці рівні піднімуться до занурення клапана 5, пропуск води через клапани 3, 4, 5 буде припинений. В такому випадку, відтік води з малої притоки буде здійснюватись через трубу аварійного скидання (рис.8). Зворотний клапан 10 відкриється тому, що за законом Бернуллі тиск в руслі Дністра буде менший, ніж в малій притоці.



1 – водовідбійна стінка; 2 – плита, яка з'єднує береги дамби;
9 – труба аварійного скидання; 10 – зворотний клапан

Рис. 8. Схема аварійного скидання води з малої притоки

Загальний вигляд шлюза-регулятора з трубою аварійного скидання води з малої притоки зображено на рисунку 9.

Рис. 9. Загальний вигляд шлюза-регулятора

При повені в липні 2008 року мали місце руйнування захисних дамб, що призводило до затоплення великих територій і населених пунктів за захисними дамбами. Для запобігання таких руйнувань пропонується здійснювати моніторинг цілісності і міцності дамб за допомогою природного імпульсного електромагнітного поля землі (ПІЕМПЗ) [8]. Метод ПІЕМПЗ вказує на локальне підвищення напружень та деформацій. Спостереження за розподілом поля напружень проводилось приладом РВІНДС-П-03. На досліджуваній ділянці дамби (рис.10) інтенсивність ПІЕМПЗ показує невисокий рівень напружень, що свідчить про відсутність внутрішніх пустот і дефектів. Все це вказує на те, що дамба є достатньо міцною і може стримувати тиск води при повені.

Рис. 10. Дослідження дамби за допомогою ПІЕМПЗ

Під час повені дамба може розмиватись річковою водою і тим самим послаблюватись. За таким механізмом відбувається прорив дамби. Щоб не допустити аварійне руйнування дамби і попередити затоплення територій необхідно здійснювати постійний моніторинг цілісності дамби при повені за допомогою ПІЕМПЗ. Порівнюючи результати замірів до повені та під час повені можна буде виявляти небезпечні місця щодо

руйнування. Укріпивши їх можна не допустити руйнування дамби. За такою методикою необхідно контролювати берегоукріплення на всіх річках, які є небезпечні при повенях.

Одним із шляхів запобігання катастрофічних наслідків руйнівної дії є переведення поверхневого стоку у підземні водосховища.

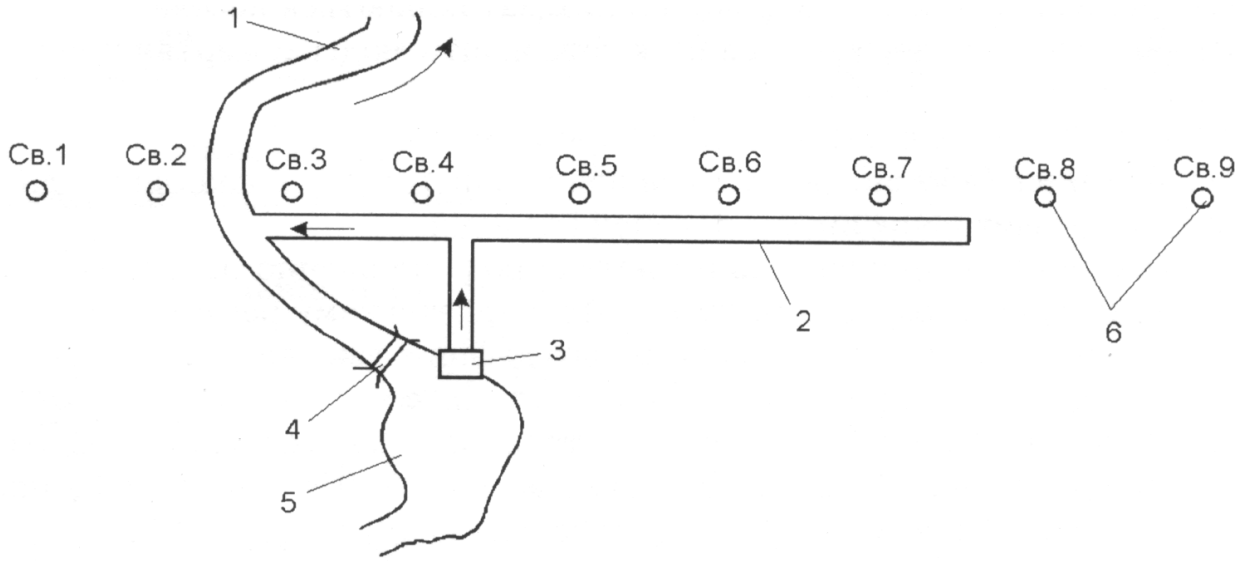
Таким заходом зразу вирішуються дві проблеми:

1) запобігання (або значного зменшення вірогідності) шкідливої дії поверхневого стоку річок під час повеней і паводків;

2) штучне поповнення запасів підземних вод, що значно покращує умови надійного забезпечення споживачів водою в Прикарпатському регіоні, в якому обмежені ресурси поверхневих вод та відчувається дефіцит джерел водопостачання.

В Україні накопичено значний досвід щодо штучного регулювання підземних вод.

Метод самопливної інфільтрації поверхневих вод для поповнення запасів підземних вод здійснено на Івано-Франківському водозаборі [9] (рис. 11), розташованому на терасі річки Бистриця Надвірнянська, поблизу якої протікає потічок Млинівка з непостійною витратою води. Водовміщуючими породами для акумулювання поверхневого стоку є гравій і галька, що мають велику водопропускну здатність. Оскільки дно і береги річки Млинівки закольматовані, що перешкоджало гідравлічному зв'язку поверхневих і підземних вод, то для покращення процесу інфільтрації і збільшення продуктивності водозабірних свердловин було побудовано інфільтраційний канал 2 глибиною 4,5-5 м, шириною по верху 16-18 м, шириною по низу 3,5 м і довжиною 40 м. Фільтрація води здійснюється тільки через дно, що проходить по гравійно-галькових породах підземного водоносного пласта, а береги каналу слабоводопроникні. Поверхнева вода в канал надходить через камеру переключення 3 (прямокутного бетонного колодязя) із штучного відстійника 5, утвореного за допомогою переливної греблі 4, яка підняла рівень води в річці на 0,5 м. Така схема дає можливість додатково очищувати воду від наносів, запобігати надходженню великої кількості наносів під час паводків або повеней та регулювати величину витрат води, що надходить в канал. Якість підземних вод, що забираються за допомогою свердловин 6, розташованих на відстані 200-300 м від інфільтраційного каналу 2, відповідає вимогам норм для господарсько-питного водопостачання.



1 – потічок Млинівка; 2 – інфільтраційний канал; 3 – камера переключення; 4 – затоплена гребля; 5 – штучний відстійник; 6 – водозабірні свердловини (Св.1 - Св.9)

Рис. 11. Схема розташування споруд для поповнення запасів підземних вод Івано-Франківського водозабору

Для забезпечення водою м. Івано-Франківська було побудовано 80 свердловин, розташованих у вигляді двох лінійних рядів, і 9 інфільтраційних траншей. Відстань між свердловинами, рядами і до траншей прийнята 100 м, довжина траншей становить 350-450 м. Вода в траншеї надходить по самопливному каналу з р. Бистриця Надвірнянська.

Досвід експлуатації інфільтраційних споруд в долинах річки Бистриця дає можливість стверджувати, що методом переведення поверхневого стоку в підземний можна значно зменшити руйнівну силу річок в період повеней і паводків, збільшити запаси підземних вод, а отже, покращити можливості надійного водозабезпечення міст та сіл Прикарпаття.

Щодо влаштування спеціальних ємностей для накопичення частини води в період проходження паводка, то їх місткість повинна бути достатньою для акумуляції розрахункових об'ємів, а водозабірні споруди повинні забезпечити наповнення ємностей за розрахунковий період. Акумулюючі ємності доцільно влаштовувати на середніх та нижніх ділянках річок.

Акумулюючі ємності на середніх ділянках гірських річок в період паводку заповнюються через боковий водозлив. Характерною особливістю такого водозливу є велика довжина його порогу по відношенню до ширини русла при значній глибині. Враховуючи те, що глибина русла велика, відбір води через боковий водозлив відбувається не від всього потоку, а лише з його верхнього шару. Відбувається розподіл основного потоку на два по його висоті. Нижня частина потоку з великою швидкістю іде по руслу, а верхня через водозлив.

Висновки. На річці Дністер, яка бере свій початок в передгір'ї Карпат, періодично відбуваються паводки та повені, які наносять великі екологічні та економічні збитки.

Для зменшення негативних наслідків повеней та паводків необхідно надійно захистити прилеглі території від затоплення. Для цього споруджено захисні дамби. Їх цілісність та надійність необхідно постійно моніторити за допомогою ПІЕМПЗ.

Для недопущення попадання води з річки Дністер на території, захищені дамбами, через розриви в них (для впадання малих приток) запропоновано принципову схему та конструкцію шлюза-регулятора.

Русло річки є одним з визначальних чинників, які впливають на наслідки повеней та паводків. Запропоновано шляхи оптимізації русла для збільшення його пропускної здатності. Для зменшення руйнівної дії паводкових вод, переливу їх через огороджувальні дамби застосовуються спеціальні ємності, в яких накопичується частина води в період паводку або повені.

Переведенням поверхневого стоку в підземний можна також значно зменшити руйнівну силу річок в період повеней і паводків, збільшити запаси підземних вод.

Література

1. Лучка Р.В. Вплив руйнівних повеней і паводків на структуру та функціонування агрогеосистем Карпатського національного природного парку / Р.В. Лучка // Матеріали 5 науково-практичної конференції. – К.: НПЦ «Екологія. Наука. Техніка», 2009. – С. 33-34.

2. Хлапук М.М. Проблеми використання акумулюючи ємностей для трансформації паводкових витрат на річках Українських Карпат / М.М. Хлапук, Л.А. Шинкарук, О.В. Безусяк, Т.І. Зима, О.В. Дупляк // В кн.: Матеріали 5 науково-практичної конференції – Київ: НПЦ «Екологія. Наука. Техніка», 2009. – С. 109-110.

3. Стащук В.А. Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами. – Дніпропетровськ: ВАТ «Видавництво «Зоря», 2006. – 480 с.

4. Адаменко О.М. Про можливості передбачення та запобігання катастрофічних паводків на річках Карпатського регіону / О.М. Адаменко, Є.І. Крижанівський // В кн.: Матеріали 5 науково-практичної конференції – Київ: НПЦ «Екологія. Наука. Техніка», 2009. – С.17-20.

5. Адаменко О.М., Мандрик О.М. Територіальним громадам – про захист від катастрофічних паводків. Рекомендації населенню Галицького, Городенківського, Калуського, Рогатинського, Тисменецького, Тлумацького районів про захист від повеней і паводків. – Брошура. – Івано-Франківськ: Голіней, 2014. – 32 с.

6. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://helpiks.org/4-105088.html.

7. Дейчаківський І.І. Єзупіль. Від перших поселень до сьогодення. Івано-Франківськ: Бібліотечка газети «Вперед», 1997. – 192 с. (с.20).

8. Крижанівський Є.І. Прогнозування та попередження зсувів на гірських трасах газопроводів / Є.І. Крижанівський, В.П. Рудко, В.М. Саламатін, Л.Є. Шкіца // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2004. – №3(12). – С. 5-9.

9. Хоружий П.Д. Застосування досвіду переведення поверхневого стоку в підземні водосховища в Прикарпатському регіоні / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, Ю.П. Яковенко // В кн.: Матеріали 5 науково-практичної конференції – Київ: НПЦ «Екологія. Наука. Техніка», 2009. – С. 107-109.

УДК 505.4

[1]Скрипник В.С., [2]Волос Х. М. .
[1]Надвірнянський коледж
Національного транспортного університету
[1]Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

ЕКОЛОГО-ГЕОМОРФЛОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ДОЛИНИ рр. БИСТРИЦІ СОЛОТВИНСЬКОЇ У РАЙОНІ сс. ЖУРАКИ-СТАРУНЯ

Повені та паводки є характерними явищами для Бистриці Солотвинської. Через це її бассейн є однією з найбільш паводконебезпечних в Україні. Автори виконали еколого-геоморфологічний аналіз. Є природні й антропогенні чинники формування паводків. Природні чинники відіграють велику роль у формуванні паводків. Одним з основних є глобальне потепління на планеті, що спричиняє нестабільність кліматичних циклів та часті зміни посух і злив. На формування високих паводків і повеней впливає велика крутизна схилів гір, що підсилює енергію потоків, а також форми рельєфу в річкових долинах. Серед антропогенних чинників найнебезпечнішими з точки зору активізації руслових гідрогеоморфологічних процесів є неконтрольований забір алювію з русел і заплав, який супроводжується розвитком незворотних руслових деформацій (вертикальних – до 60 мм/рік і горизонтальних до 20 м за екстремальний паводок) та інших небезпечних процесів, що призводять до руйнування мостів, трубопроводів, залізничних та автомобільних шляхів, «зависання» у повітрі водозабірних і водоскидних споруд, пониження рівня води в руслі.

Ключові слова: Протипаводковий полігон, планшет , затоплення, Жураки, паводки, природні фактори, антропогенні фактори.

Наводнения и паводки характерны явлениями для Быстрицы Солотвинской. Поэтому территория ее бассейна является одной из самых паводкоопасных в Украине. Авторы выполнили эколого-геоморфологический аналіз. Есть природные и антропогенные факторы формирования паводков. Природные факторы играют большую

© Скрипник В.С., Волос Х. М., 2016

5. Адаменко О.М., Мандрик О.М. Територіальним громадам – про захист від катастрофічних паводків. Рекомендації населенню Галицького, Городенківського, Калуського, Рогатинського, Тисменецького, Тлумацького районів про захист від повеней і паводків. – Брошура. – Івано-Франківськ: Голіней, 2014. – 32 с.

6. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://helpiks.org/4-105088.html.

7. Дейчаківський І.І. Єзупіль. Від перших поселень до сьогодення. Івано-Франківськ: Бібліотечка газети «Вперед», 1997. – 192 с. (с.20).

8. Крижанівський Є.І. Прогнозування та попередження зсувів на гірських трасах газопроводів / Є.І. Крижанівський, В.П. Рудко, В.М. Саламатін, Л.Є. Шкіца // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2004. – №3(12). – С. 5-9.

9. Хоружий П.Д. Застосування досвіду переведення поверхневого стоку в підземні водосховища в Прикарпатському регіоні / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, Ю.П. Яковенко // В кн.: Матеріали 5 науково-практичної конференції – Київ: НПЦ «Екологія. Наука. Техніка», 2009. – С. 107-109.

УДК 505.4

[1]Скрипник В.С., [2]Волос Х. М. .
[1]Надвірнянський коледж
Національного транспортного університету
[1]Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

ЕКОЛОГО-ГЕОМОРФЛОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ДОЛИНИ рр. БИСТРИЦІ СОЛОТВИНСЬКОЇ У РАЙОНІ сс. ЖУРАКИ-СТАРУНЯ

Повені та паводки є характерними явищами для Бистриці Солотвинської. Через це її бассейн є однією з найбільш паводконебезпечних в Україні. Автори виконали еколого-геоморфологічний аналіз. Є природні й антропогенні чинники формування паводків. Природні чинники відіграють велику роль у формуванні паводків. Одним з основних є глобальне потепління на планеті, що спричиняє нестабільність кліматичних циклів та часті зміни посух і злив. На формування високих паводків і повеней впливає велика крутизна схилів гір, що підсилює енергію потоків, а також форми рельєфу в річкових долинах. Серед антропогенних чинників найнебезпечнішими з точки зору активізації руслових гідрогеоморфологічних процесів є неконтрольований забір алювію з русел і заплав, який супроводжується розвитком незворотних руслових деформацій (вертикальних – до 60 мм/рік і горизонтальних до 20 м за екстремальний паводок) та інших небезпечних процесів, що призводять до руйнування мостів, трубопроводів, залізничних та автомобільних шляхів, «зависання» у повітрі водозабірних і водоскидних споруд, пониження рівня води в руслі.

Ключові слова: Протипаводковий полігон, планшет , затоплення, Жураки, паводки, природні фактори, антропогенні фактори.

Наводнения и паводки характерны явлениями для Быстрицы Солотвинской. Поэтому территория ее бассейна является одной из самых паводкоопасных в Украине. Авторы выполнили эколого-геоморфологический аналіз. Есть природные и антропогенные факторы формирования паводков. Природные факторы играют большую

© Скрипник В.С., Волос Х. М., 2016

роль в формировании паводков. Одним из основных является глобальное потепление на планете, что вызывает нестабильность климатических циклов на планете и частые изменения засух и ливней. На формирование высоких паводков и наводнений влияет большое крутизна склонов гор, усиливает энергию потоков, а также формы рельефа в речных долинах. Среди антропогенных факторов опасными с точки зрения активизации русловых гидрогеоморфологичних процессов является неконтролируемый забор аллювия из русел и пойм , который сопровождается развитием необратимых русловых деформаций (вертикальных - до 60 мм/ год и горизонтальных до 20 м за экстремальный паводок) и других опасных процессов, приводят к разрушению мостов, трубопроводов, железнодорожных и автомобильных дорог, «зависания» в воздухе водозаборных и водосбросных сооружений, понижение уровня воды в русле.

Ключевые слова: Противопаводковой полигон, планшет, затопления, Журакы, паводки, природные факторы, антропогенные факторы.

Floods and flooding is typical for the Bystrica. Because of this, the area of its basin is one of the most flood dangerous in Ukraine. There are natural and man-made factors in the formation of floods. Natural factors play a major role in shaping the floods. One of the main is global warming causing climatic instability cycles on the planet , and frequent changes in droughts and heavy rains . The formation of high floods and floods affecting large slopes of the mountains, which increases the energy flows and landforms in river valleys. Among the most dangerous anthropogenic factors in terms of channel activation hidroheomorfolohichnyh processes are uncontrolled intake alluvium of river beds and flood plains , accompanied by the development of irreversible channel deformations (vertical - up to 60 mm / yr and horizontal (up to 20 m in extreme flood) and other hazardous processes, lead to the destruction of bridges, pipelines, railways and highways, "hang" in the air intake and discharge structures, lowering the water level in the channel.

Keywords: flood ground, tablet, flooding, Zhuraky, floods and natural factors, anthropogenic factors.

Актуальність теми. В Карпатському регіоні відбуваються як регіональні, так і локальні паводки. Якщо перші охоплюють весь північно-східний макросхил Карпат, то другі – лише басейни окремих річок. За даними різних авторів, у XX столітті катастрофічні регіональні паводки Карпат відбувалися у тепле пору року (червень-серпень) у 1911, 1927, 1941, 1955, 1969, 1980, 1998,2002 і 23-28 липня 2008 року на північно-східному макросхилі Карпат. Локальні катастрофічні паводки відбуваються майже через кожні 2-3 роки. Науковці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) активно працюють над проблемою паводків.

До зони стихійного лиха віднесені великі території Вінницької, Івано-Франківської, Закарпатської, Львівської, Тернопільської і Чернівецької областей. За офіційними даними постраждало 24 905 житлових будинків, 20 600 га сільськогосподарських угідь, було розмито 602,6 км берегів, пошкоджено 100,84 км та зруйновано 25,445 км берегоукріплень та 416 пішохідних мостів, 664,94 км автомобільних доріг, 24 водозабори, загинуло 19 осіб, з них 5 дітей. З постраждалих районів вивезено 1 032 чоловік та 280 голів худоби, доставлено 80 т продуктів харчування і питної води. Тому важливим стало розгортання досліджень причин та попередження катастрофічних паводків на Дністровському протипаводковому полігоні як у долині Дністра, так і його доплив, в тому числі і Бистриці Солотвинської.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є обґрунтування, розроблення та впровадження рекомендацій зі зменшення екологічних ризиків затоплення долини р. Бистриця Солотвинська для захисту населення сс. Жураки та Старуня від катастрофічних паводків.

Для реалізації вказаної мети вирішувались наступні завдання:

- аналіз попередніх досліджень геологічних та геоморфологічних особливостей території, що впливають на виникнення та проходження катастрофічних паводків в долині Бистриці Солотвинської;

- фізико-географічний огляд компонентів ландшафтів (геологічна основа, рельєф, ґрунтовий і рослинний покриви, клімат, річкова мережа, тваринний світ), які є основою оцінки екологічної ситуації;

- гіпсометричний аналіз рельєфу та визначення поверхонь вирівнювання для ідентифікації терас і складання геоморфологічної карти як основи можливих ділянок затоплення паводковими водами;

- перевірка на місцевості виділених геоморфологічних рівнів – терас і поверхонь вирівнювання;

- побудова карти екологічного ризику як моделі затоплення різновисотних гіпсометричних поверхонь території та рекомендації населенню про захист від водних стихій;

Загальна характеристика об'єкту та результати роботи. За даними попередніх досліджень та аналізу літературних джерел, висвітлені історія вивчення четвертинних відкладів і рельєфу долини Бистриці Солотвинської, методика дослідження з описом польових робіт та лабораторних випробувань, охарактеризовані стратиграфія та геоекологічний стан ґрунтового покриву, оцінена геоморфологічна вивченість території.

Новими є результати власних досліджень авторів: геоморфологічні особливості досліджуваного району. які ілюструються геоморфологічною картою (рис. 1) і відповідним текстом.

Методика побудови геоморфологічної карти ґрунтується на аналізі топографічної карти масштабу 1:10000 з виділенням гіпсометричних рівнів рельєфу та розділяючих їх схилів, а також визначення морфоструктури і морфоскульптури цих елементів, їх генезису (походження, природи) та геологічного віку. Між осередками долинних типів рельєфу з південного-заходу на північний-схід простягається долина Бистриці–Солотвинської - флювіальний і денудаційно-флювіальний тип рельєфу. Ерозійний рельєф – це північно-західна частина с.Жураки та південно-східна с. Старуня з абсолютними висотами 425-395 м над рівнем моря, з глибокими балками, ярами(до 100-50 м глибиною), вкритими густими дубово-буковими лісами і лише на самому півдні – лісостеповими і степовими ландшафтами, розораними під поля і городи.

На максимальних висотах лівобережного межеріччя збереглись розмиті рештки високих надзаплавних терас Дністра: сьомої (VII) з абсолютними відмітками 332-334, 346-347, 357 м і шостої (VI) з абсолютними висотами 326 м.

У північно-західному куті досліджуваної території (північніше західної околиці с.Жураки) ерозійно-денудаційний рельєф – це західна окраїна височини з рештками високої тераси Бистриці Солотвинської, а саме четвертої (IV) – 405 - 425 м та корінного схилу - 385-430 м. Флювіальний тип рельєфу у долині Бистриці представлений акумулятивними річковими терасами: низькою (1м), високою (4-5м) заплавами, які мають абсолютні відмітки відповідно 370-398, 401-412. Русло з південного-заходу на північний схід знижується від 411 до 370м.

Четвертинні відклади на території району є наймолодшими геологічними напластуваннями. Численні дослідження дали змогу розчленувати їх на такі відклади: еоплейстоцен, плейстоцен, який поділяють на нижній, середній і верхній, та голоцен. Відклади четвертинного віку майже суцільним малопотужним чохлом покривають усю територію Івано-Франківщини. Суттєві неоднорідності у будові четвертинного покриву виявляються також при порівнянні тієї чи іншої ділянки території досліджень. Розвинуті такі їх генетичні типи: алювіальний, елювіальний, еолово-делювіальний, пролювіальний.

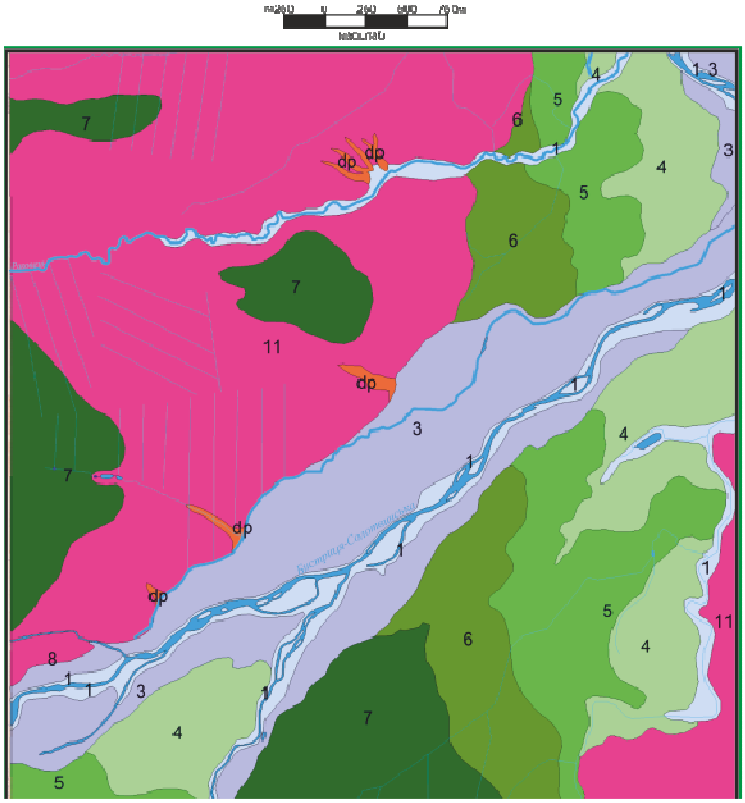


Рис. 1. Геоморфологічна карта в районі сс. Жураки та Старуня

Умовні позначення до рис. 1

Флювіальний і денудаційно-флювіальний рельєф

1 Низька заплава (пізній голоцен)

3 Висока заплава (ранній голоцен)

4 Перша надзаплавна тераса

5 Друга надзаплавна тераса

6 Третя надзаплавна тераса

7 Четверта надзаплавна тераса

dp Делювіально-пролювіальні конусу виносів,яри,тимчасові потоки

Ерозійний рельєф

11 Схили високих надзаплавних терас та глибоко розчленований рельєф вироблені в корінних неогенових породах

Річка

Алювій бере участь у будові річкових терас, русел рік і представлений гравієм, галечниками, суглинками тощо. Потужність алювію коливається у широкому діапазоні, досягаючи максимальних значень у пригирлових ділянках приток Дністра. У фаціальному відношенні алювій поділяється на руслову (гравійно-галечниково-піщаний матеріал), заплавну (піщано-супіщано- суглинистий) і старичну (суглинисто-глинистий і гумусовий) фації. Еолово-делювіальні відклади, в основному, будують вододіли й виступають головними найпоширенішими ґрунтотвірними породами. Потужність їх коливається від 2-3 м до 50 м.

Елювій простежується на межиріччях, де на поверхню виходять корінні породи, що піддались звітрюванню. У придністровській частині території на денну поверхню виходять корінні породи, що зазнали процесів звітрювання. На них збереглись елювіальні накопичення, що представлені мергелистими глинами, уламковим матеріалом, розвинутим на піщано-глинистій товщі, рідше вапняках і мертелях.Делювій складає схили межирічь і представлений уламками порід. Пролювіальні відклади зустрічаються у конусах виносу балок, ярів. Пролювій представлений продуктами розмиву лесів, алювію, у потужних ярів – підстелюючих корінних порід.

Ландшафтхарактеризується великим розмаїттям. Значна частина лежить у межах фізико-географічної зони Карпат, крайня південно-східна частина – в лісостеповій зоні.

Переважають ландшафти передгірних акумулятивно-денудаційних височин, низкотерасні слабо-дреновані рівнини з глейовими дерновими і дерново-підзолистими ґрунтами, покритими дубовими і дубово-грабовими лісами, високотерасні розчленовані рівнини з дерново-підзолистими ґрунтами, глибоко розчленовані рівнини з дерново-середньопідзолистими ґрунтами, вкриті грабово-буковими лісами, денудаційні увалисто-грядові височини з сірими лісовими ґрунтами, покриті дубовими і дубово-грабовими лісами і ін. Ландшафтна структура необхідна для визначення екологічного стану будь-якої території, тому що ландшафти поєднують усі елементи природного середовища: геологічну будову і тектонічну, рельєф, поверхневі, грунтові та рослинний покрив.

Еколого-геоморфологічна оцінка екологічного стану довкілля на основі екологічного моніторингу та екологічного ризику затоплення долини Бистриці Солотвинської катастрофічними паводками в межах сс. Жураки та Старуня обґрунтована мережою екологічного моніторингу, оцінений вплив природних і антропогенних факторів на формування паводків та розроблена авторами карта екологічного ризику затоплення території.

Пропонується виконати моніторинг довкілля, в першу чергу грунтів. Для цього обґрунтована мережа моніторингу із трьох профілів, що пересікають район з південного-сходу на північний засхід – упоперек простягання ландшафтних структур. На профілях проектується по 7, і 17,14 геоекологічних полігонів, так щоби охопити усі ландшафтні місцевості і виявити можливі зони розташування забруднень. Загальна кількість проектних поліготів, де будуть відбиратись проби грунтів – 38. Проектна карта оцінки екологічного ризику затоплення катастрофічними паводками (рис. 2) будується на основі геоморфологічної карти, тому що на останній показані гіпсометричні, висотні рівні. Складена нами карта ризику затоплення відповідає послідовному підвищенню рівнів води: спочатку на 1 м (низька заплава); 4-5 м (висока заплава). Максимально може сягати 10 метрів, що захоплює першу надзаплавну терасу, тому затоплюється більша частина села Жураки.

Висновки. 1. Установлені геологічні, геоморфологічні та метеокліматичні умови і особливості виникнення та проходження катастрофічних паводків у долині Бистриці Солотвинської. Визначальними серед багатьох інших виявились велика кількість зливових опадів, що накривають верхів'я річок – правих (Карпатських) допливів Бистриці і гіпсометрична диференція геоморфологічних рівнин у його долині.

2. Екологічна ситуація на території досліджуваного району залежить не тільки від антропогенних чинників (кількості викидів в атмосферне повітря, скидів у водне середовище та розміщення відходів на території), а й від природних, які відбуваються в літосфері, від типів грунтів і рослинності, річкової мережі та інших об'єктів гідросфери, тому необхідним є комплексне дослідження усіх компонентів ландшафту.

3. Для гіпсометричного аналізу рельєфу та виявлення територій, що можуть затоплюватись від 1м над урізом води у Бистриці Солотвинської (низька), висока (5м) заплави і надзаплавна тераса (10-12м), необхідно мати детальну топографічну (масштабу 1:10000) основу.

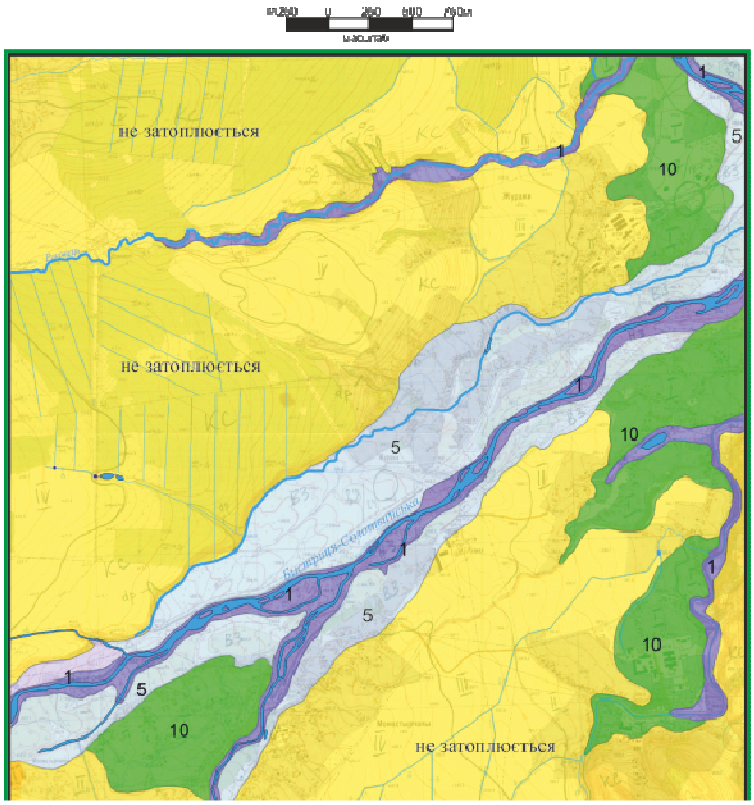


Рис. 2. Проектна карта оцінки екологічного ризику затоплення долини Бистриці Солотвинської катастрофічними паводками в межах сс. Жураки та Старуня

Умовні позначення до рис. 2

Зони потенційного затоплення

при підйомі води на 1м (низька заплава)

при підйомі води на 3м (середня заплава)

при підйомі води на 5м (висока заплава)

при підйомі води на 10м (перша надзаплавна тераса)

Території, що не затоплюються

Схили долини р.Дністер та III-VII надзаплавні тераси

4. Виділені на картах рівні терас і поверхонь вирівнювання необхідно перевірити у польових експедиційних умовах, тому що мікрорельєф долини є молодим і динамічним і може істотно змінюватись після кожної повені.

5. Побудована карта масштабу 1:10000 екологічного ризику затоплення в межах досліджуваного району, яку можна рекомендувати Державній службі надзвичайних ситуацій у Івано-Франківській області для захисту території і населення від катастрофічних паводків.

6. Розроблений науково обґрунтований проект мережі локального екологічного моніторингу масштабу 1:10000, який можна рекомендувати Державному департаменту екології та природних ресурсів Івано-Франківської обласної державної адміністрації для практичного використання.

УДК 505.4

Адаменко О.М.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

МАРІЯМПІЛЬ І ЄЗУПІЛЬ – НАЙДАВНІШІ ПОСЕЛЕННЯ ГАЛИЦЬКОГО ПРИДНІСТРОВ'Я

Археологічні дослідження показали, що наші предки поселились біля нинішніх Маріямполя і Єзупіля ще у середньому палеоліті (111-115 тис. р. тому).
Ключові слова: середній палеоліт, леси, викопні грунти, стоянки.

Археологические исследования выявили поселения наших предков возле нынешних сел Мариямполь и Езуполь еще в среднем палеолите (111-115 тыс. лет тому).
Ключевые слова: средний палеолит, лессы, ископаемые почвы, стоянки.

Archaeological research has shown that our ancestors settled near present Marijampole and Yezupil back in the Middle Paleolithic (111-115 thousand years ago).
Keywords: middle Paleolithic, Lesia, fossil soils Parking.

Актуальність проблеми. Чимало знарядь давньої людини зібрала міжнародна польсько-українська експедиція з пошуку найдавніших цивілізацій у долині Дністра, яка протягом липня працювала в Галицькому районі. На запрошення її керівників до цієї роботи було залучено кафедру екології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Отож в експедиції взяли участь і професори Олег та Ярослав Адаменки, доценти Денис Зорін, який керує практикою студентів-екологів на полігоні, та Лариса Міщенко, асистент Катерина Радловська, завідувач науково-навчальною лабораторією Микола Ногач та майбутні магістри з числа студентів.

Виклад основного матеріалу. Експедиція, яка за сприяння ректора ІФНТУНГу Євстахія Крижанівського та проректора з науково-педагогічної роботи Олега Мандрика розмістилася на базі Дністровського протипаводкового полігону у с. Маріямполі, виконала розкопки на стоянках Маріямпіль-1 (старий кар'єр колишнього цегельного заводу, який у 30-ті роки XX ст. вивчав відомий дослідник терас і лесів Дністра Юрій Полянський), та Маріямпіль-5 (новий кар'єр на родовищі мергелів, закладений у 2014 р. силами ПАТ «Івано-Франківськцемент», який нині вже рекультивують, тому ми ледве встигли вивчити цю стоянку). На обох об'єктах вдалося зібрати велику кількість знарядь давньої людини — відщепів, пластин, скребел, нуклеусів та інших артефактів, що належать археологічній культурі «мустьє-леваллуа» (середній палеоліт). Вони залягали на так званому горохівському викопному грунті, похованому під лесами — супісками і суглинками з рештками гумусу. Вік знахідок – 111-115 тисяч років за даними термолюмінісцентного аналізу професора В. Шовкопляса з Інституту геологічних наук НАНУ. Такий же вік має і раніше вивчена стоянка давніх людей у Єзуполі. Інші відомі стоянки – в Козині, Галичі, Колодієвому, Межигірцях – більш молоді, пізньопалеолітичні, віком від 40 до 26-20 тис. р. (рис. 1-3).

Яке значення мають ці відкриття для історії заселення долини Дністра та української частини Східноєвропейської рівнини, що простягається на схід від Карпат і до Уралу? Вони підтверджують, що наші предки мали свою прабатьківщину у Південній та Східній Африці. Ще до недавна вважалось, що найдрівніші наші предки австралопітеки (4-3 млн. р. тому), в тому числі знаменита Люсі, були тупиковою гілкою у розвитку гомінід. Але у серпні 2013 р. у Південно-Африканській Республіці (провінція

© Адаменко О. М.., 2016

Вітватерсранд) у глибокій печері Ранкова Зірка знайдено 12 скелетів з черепами перехідної форми від Australophiteka до Homo, яку археологи нахвали Homo naledy – людина ранкова зірка.

Рис. 1. О. М. Адаменко, А. Б. Богуцький та Марія Ланчонт на стоянці Маріямпіль-1. липень 2015 р.

Рис. 2. Стоянка Маріямпіль-1

Рис. 3. Стоянка Маріямпіль-5

Отже, з Південної та Східної Африки наші предки рухались, починаючи з олдувейської епохи (2,3-1,8 млн. р. тому), на північ – через Північну Африку, Гібралтар у Західну і Центральну Європу, яка була заселена близько мільйона років тому. Потім перетнули Карпати і заселили Прикарпаття й Поділля (стоянка Меджибіж у Хмельницькій області, 700-400 тис. р.), Великий Глибочок на Тернопіллі (115 тис. р.), стоянки в долинах Горині і Південного Бугу, Житомирська стоянка та ін. Інший шлях наших предків зі Східної Африки пролягав через Східне Середземномор'я на Кавказ (Азих), басейни річок Кубані (Біла), Дону (Хрящі, Михайлівське), Дніпра (Кодак, Ненаситець) і Сіверського Дінця (ранньопалеолітичні стоянки Вишневий Дол, Макарово, Красний Деркул, Піонерське на Луганщині). Ці два потоки давньої людності й заселили нинішню територію України. Протягом двох мільйонів років наші попередники змінювалися — від гомо габілітуса (людини вмілої), гомо еректуса (людини прямоходячої) до неандертальця (тупикова гілка) і гомо сапієнса (людини розумної), або ж кроманьйонця. Змінювались і культури: від раннього палеоліту (олдована-шелля-ашеля), середнього палеоліту (леваллуа-мустьє) до пізнього палеоліту (ориньяк-солютре-мадлен). А пізніше, після льодовикових епох (2 млн.-10 тис. р.), на палеолітичних основах виник такий еволюційний ланцюжок: мезоліт-неоліт-бронза–залізо-трипілля. У долині Дністра артефакти раннього палеоліту поки що знайдено лише в його нижній течії (Дубоссари, Погреби, Великий Фонтан, Байраки у Молдові), тому що там широко розвинуті давні високі тераси – від десятої до восьмої. На Івано-Франківщині є тільки шоста (лойова), п'ята (галицька), четверта (маріямпільська), третя (єзупільська), друга (колодіївська) та перша надзаплавні тераси і три фази заплави. Тому знайдено лише пізньопалеолітичні стоянки так званих рісс-в'юрмського (125-50 тис. років) і в'юрмського (50-10 тис. р.) віку. Отже, Маріямпіль і Єзупіль залишаються наразі найдавнішими поселеннями у долині Дністра. Завдання ж польсько-української експедиції, яка продовжує свою роботу, в тому, щоб «заглибитись» у ще давніші геологічні нашарування й, можливо, розкрити глибші сторінки захопливої історії людської цивілізації.

Висновки. Кафедру екології ІФНТУНГ запросили до роботи в міжнародній експедиції тому, що її співробітники – геологи і палеоекологи Олег Адаменко, Галина

Гродецька, Орест Стельмах та інші – свого часу працювали на різних палеолітичних стоянках і вивчали палеогеографічні умови життя наших предків, зокрема в Королевому на Закарпатті (від 850 тисяч років до мільйона) – разом з київськими археологами В. Гладилиним і Л. Кулаковською, в Погребах, Дубоссарах, Великому Фонтані й Байраках у Молдові (700 тис.-1 млн. р.) – з молдовськими археологами М. Кетрару та І. Борзіяком і санкт-петербурзьким дослідником М. Анісюткіним, у Молодові й Кормані на Буковині (125- 40 тис. р.) – з московським геологом І. Івановою та львівським археологом А. Чернишом, у Буківні на Тлумаччині, Незвиську на Городенківщині, Старуні Богородчанського району (40-24 тис. р.) – із львівським археологом Л. Мацкевим, іванофранківцями Б. Василенком та І. Кочкіним з Прикарпатського національного університету ім. В. Стефаника і польською командою Мацея Котарби з Краківської гірничо-металургійної академії з Кракова. О. Адаменко разом з угорськими колегами археологом Іштваном Вертешом та палеогеографом Мартоном Печі досліджували одне з найдавніших ранньопалеолітичних поселень Вертешсоллєш на Дунаї (більше 1 млн. р. тому), а з грузинськими вченими вивчали печеру Азих (близько 1 млн. р.) на Кавказі. Йому довелося вивчати геологію раннього палеоліту в Азербайджані, Таджикистані разом з археологом В. Рановим. Особливо цікаві відкриття Олега Адаменка, які він зробив разом з академіком О. Окладніковим, «вписано» в історію заселення Сибіру: на Алтаї відкрито стоянки Улалинка (більше 1 млн. р.), Бобково (150-125 тис. р.) та багато інших. Ще у 70-ті роки минулого століття Олег Адаменко разом з геологом О. Стельмахом, археологом М. Клапчуком та його сином Володимиром, тоді ще учнем Делятинської школи, а нині доктором історичних наук завідувачем кафедри ПНУ ім. В. Стефаника, збирали артефакти – знаряддя наших палеолітичних предків біля м. Тлумача, сіл Дубівців, Межигірців та в інших місцях долини Дністра. А з 90-х років ХХ ст. почалися великі систематичні розкопки на стоянках у Галичі, Єзуполі, Довгому, Козині, Колодієвому, Межигірцях, Дубівцях за участю професора А. Богуцького (Львівський національний університет ім. і. Франка), доктора історичних наук О. Ситника (Інститут українознавства НАНУ ім. І. Крип’якевича), доктора наук Марії Ланчонт (Університет ім. Марії Скадовської, Польща) та багатьох інших археологів, геологів, екологів, палеонтологів та інших фахівців з Києва, Варшави, Кракова.