

ISSN 2450 – 8640

ACTA CARPATHICA

№ 1 (39)



Видавничий дім
«Гельветика»
2023

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

ACTA CARPATHICA

Збірник наукових праць

№ 1 (39), 2023

Збірник наукових праць

Заснований в 2013 р.

2 рази на рік

Головний редактор – Волошанська Світлана
Заст. головного редактора – Кавецький Тарас
Науковий редактор – Лесик Ярослав
Відповідальний секретар – Гойванович Наталія

Editor-in-Chief – Voloshanska Svitlana
Deputy Editor-in-Chief – Kavetskyi Taras
Scientific Editor – Lesyk Yaroslav
Executive Secretary – Hoivanovych Nataliia

Члени редакційної колегії:

Дрозд Інеса (Україна), Згарджинська Божена (Польща), Ків Арік (Ізраїль), Клепач Галина (Україна), Климишин Олександр (Україна), Коломійчук Віталій (Україна), Конішчук Василь (Україна), Кузьмін Юрій (Україна), Кухаж Юлія (Україна), Лупак Оксана (Україна), Смуток Олег (США), Сосинович Святослав (Швеція)

Members of the Editorial board:

Drozdz Inesa (Ukraine), Zgardzińska Bożena (Poland), Kiv Arik (Israel), Klepach Halyna (Ukraine), Klymyshyn Oleksandr (Ukraine), Kolomiichuk Vitalii (Ukraine), Konishchuk Vasyl (Ukraine), Kuzmin Yuriy (Ukraine), Kukhazh Yuliia (Ukraine), Lupak Oksana (Ukraine), Smutok Oleh (USA), Sasinovich Sviataslau (Sweden)

Founder: Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University

Засновник: Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Адреса редакції

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, Львівська область, Україна, 82100
Тел.: + 38 (063) 679 8320
E-mail: actacarpathica@dspu.in.ua

Editorial office address

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ivana Franka Str., 24, Drohobych, Lviv region, Ukraine, 82100
Tel.: + 38 (063) 679 8320
E-mail: actacarpathica@dspu.in.ua

У збірнику наукових праць **Acta Carpathica** друкуються оригінальні статті, засновані на експериментальних дослідженнях, та спеціалізовані огляди актуальних питань у галузях біології, сільського господарства, лісництва, екології, прикладної фізики й наноматеріалів, туризму та інших сфер, пов'язаних із Карпатським регіоном.

Acta Carpathica publishes original scientific articles, prepared on the basis of the scientific experiments and systematic reviews on specific issues in the field of biology, agriculture, forestry, ecology, tourism and others concerning to the Carpathian region.

Фото з обкладинки:
Фітопопуляція STELLARIA HOLOSTEA L. Лісопарк ім. Б. Хмельницького (м. Дрогобич, Львівщина).
Автор: С. Волошанська.

Cover image:
The plant population of STELLARIA HOLOSTEA L. Recreation park named after B. Khmelnytsky (Drohobych, Lviv region).
Author: S. Voloshanska.

Рекомендовано до друку Вченою радою Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка (протокол № 8 від 15.06.2023)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації, Серія КВ № 25132-15072P від 30.11.2021.

На підставі Наказу МОН України № 894 від 10.10.2022 р. (додаток 2) та Наказу МОН України № 1166 від 23.12.2022 р. (додаток 3) журнал включено до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б» зі спеціальностей «101 Екологія», «091 Біологія».

© Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, 2023

ЗМІСТ

Катерина Василівна Костюк, Василь Васильович Грубінко, Оксана Ігорівна Боднар, Галина Василівна Чвалюк	
Механізм утворення системи вторинних концентричних мембран у вищих водних рослин при дії токсичних речовин на прикладі <i>Lémna minor</i> L.....	5
The mechanism of formation of a system of secondary concentric membranes in higher aquatic plants under the action of toxic substances on the example of <i>Lémna minor</i> L.....	15
Viktor Mykolayovych Senkiv, Iryna Volodymyrivna Bryndzia	
Spatial analysis of water quality indicators in Drohobych district.....	16
Просторова оцінка показників якості води у Дрогобицькому районі.....	27
Глона Василівна Ковальова	
Зміни хімічного складу води у гідроекосистемах різного типу.....	28
Changes in the chemical composition of water in different types of hydroecosystems.....	33
Олександр Ігорович Поліщук, Назар Богданович Жигаль, Галина Леонідівна Антоняк	
Динаміка концентрації хлорофілу в листках деревних рослин на території міста Львова.....	34
Dynamics of chlorophyl concentration in the leaves of woody plants in the territory of the city of Lviv.....	44
Nataliia Pakholkiv, Iryna Nevostruyeva, Volodumura Hudyma	
Effect of vitamin D ₃ on hematologic indices and resistance of laying hens.....	45
Наталія Борисівна Мохначова	
Вивчення генетичної структури популяції української аборигенної лебединської породи корів.....	50
Study of the genetic structure of the population of the Ukrainian indigenous Lebedyn breed of cows.....	57
Віталій Ілліч Шейко, Олена Борисівна Кучменко, Валентина Миколаївна Гавій, Едуард Олександрович Глазков, Олена Дмитрівна Боярчук	
Особливості центральної гемодинаміки у студентів з різною статурою.....	59
Features of central hemodynamics in students with different physics.....	65
Ivan Donchev, Dietmar Fink, Alina Vinkovskaya, Taras Kavetskyi, Mariya Kushniyazova, Dmytro Dyachok, Yurii Bondaruk, Lyudmyla Pan'kiv, Yuliia Kukhazh, Oksana Mushynska, Oksana Zubrytska, Oles Matskiv, Vladimir Soloviev, Arnold Kiv	
Simulation of track structures as the basis of biosensors.....	66

*Любов Григорівна Квасній, Світлана Ярославівна Волошанська,
Василина Олександрівна Колос, Оксана Семенівна Поясник,
Галина Ігорівна Сисин*
Еколого-економічні аспекти розвитку Прикарпаття.....73
Environmental and economic aspects of the development of the Carpathian region.....79

*Олена Іванівна Наумовська, Алла Володимирівна Клепко,
Валерія Іванівна Бондарь, Володимир Миколайович Боголюбов*
Оцінювання процесу переходу сільських громад до сталого розвитку.....80
Assessment of the transition process of rural communities to sustainable development.....89

Катерина Василівна Костюк,

кандидат біологічних наук, науковий співробітник,
Університет Гогенхайма, Німеччина
orcid.org/0000-0003-3112-4834, e-mail: kostyuk.katya@gmail.com

Василь Васильович Грубінко,

доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної біології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, Україна
orcid.org/0000-0002-4057-9374, e-mail: v.grubinko@gmail.com

Оксана Ігорівна Боднар,

доктор біологічних наук, професор, професор кафедри загальної біології
Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка, Україна
orcid.org/0000-0002-8416-5464, e-mail: o.bodnar@gmail.com

Галина Василівна Чвалюк,

аспірант кафедри загальної біології
Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка, Україна
orcid.org/0000-0003-4146-0815, e-mail: 0986372888g@gmail.com

МЕХАНІЗМ УТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ВТОРИННИХ КОНЦЕНТРИЧНИХ МЕМБРАН У ВИЩИХ ВОДНИХ РОСЛИН ПРИ ДІЇ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН НА ПРИКЛАДІ LÉMNA MINOR L.

Анотація. Важко собі уявити, що така складна структура, як клітинна мембрана, може бути відновлена, однак вона відновлюється за рахунок регенерації часткових розривів або синтезу вторинної концентричної мембрани. Здатність багатьох організмів до регенерації часткових розривів їхньої клітинної мембрани добре вивчена [1; 2; 3]. Коли клітини пошкоджені, вони швидко відновлюють пошкодження в мембрані, з утворенням однієї або більше нерозчинних корків, що складаються з ліпідів та полісахаридів, щоб запобігти втраті вмісту цитоплазми. Згодом клітини відновлюють свій первісний обсяг та форму [4; 5]. Враховуючи великий розмір клітин, слід розуміти, що цих пробіїв може бути багато. Тут задіяні інші процеси, пов'язані з утворенням системи вторинних концентричних мембран [6].

Наші результати показують, що вторинна мембрана не є тимчасовою, і функції вона виконує такі, як і первинна клітинна мембрана, а її утворення триває всього кілька годин. У цьому дослідженні ми надаємо повний опис того, як утворюється вторинна концентрична мембрана, а також етапність цього процесу та значення при адаптації.

Повне пояснення того, як ці клітини відновлюють пошкоджену мембрану, у тому числі клітинну стінку, залишається ще визначити. Тому метою цієї статті було вивчення процесів утворення вторинної концентричної мембрани та клітинної стінки на прикладі вищих водних рослин *Lémna minor L.*

Регенерація клітинної оболонки може бути важливою моделлю вивчення таких процесів, як взаємодія різних клітинних органел, формування різних типів гібридних клітин і особливо, еволюції клітинних мембран.

В спонтанній регенерації клітинної оболонки можна виділити чотири основні стадії: 1) утворення протопласту; 2) формування псевдо-протопласту; 3) синтез клітинної стінки; 4) формування вторинної концентричної мембрани.

Ключові слова: *Lémma minor L.*, протопласт, псевдо-протопласт, вторинні концентричні мембрани, парасексуальна гібридизація, соматичний гібрид, регенерація.

ВСТУП

Про механізми сприйняття клітинами рослин різних стресорів поки що відомо небагато. Є підстави вважати, що важливу роль у цьому сприйнятті відіграють клітинні мембрани, які виконують безліч функцій, порушення будь-якої з них може призвести до зміни життєдіяльності клітини загалом і навіть її загибелі [7]. Тому для опірності живих організмів до стресових факторів зовнішнього середовища надзвичайно важливим є збереження стійкості та цілісності мембрани, котра, як відомо, визначається станом її компонентів [8]. Оскільки мембрани першими піддаються впливу стресових факторів і є мішенями первинного впливу і першою лінією захисту від них, то, будучи динамічними структурами, вони повинні швидко (миттєво) реагувати на відхилення в умовах існування та відновлюватись [9].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проводили на рясі *Lémma minor L.*, яку вирощували в акваріумах з відстояною водопровідною водою при освітленні лампами денного світла (2500 лк) та температурі $20 \pm 1^\circ\text{C}$. В експериментах до культури рослин у кожному випадку окремо додавали водні розчини солей важких металів $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ та $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ із розрахунку на іон: Zn^{2+} – 1,0 мг/дм³ та 5,0 мг/дм³; Pb^{2+} – 0,1 мг/дм³ та 0,5 мг/дм³, що відповідає 1 та 5 ГДК_{рнб}, а також дизельне паливо у кількості 0,05 мг/дм³; 0,25 мг/дм³, що становить 1, 5 ГДК_{рнб} відповідно [10]. Період інкубації водних рослин з токсикантами становив 0,5, 1, 3, 6, 9 годин та 1, 3, 7 та 14 діб. Контролем були рослини, які росли в середовищі без токсикантів.

Клітинні мембрани виділяли за методикою Фіндлея і Еванса [11] з гомогенатів біомаси водних рослин, отриманих в механічному гомогенізаторі при 7000 об/хв 5 мМ тріс-НСІ буфері (рН=7,6), що містить 0,5 М сахарози, 0,005, ЕДТА, 0,01 М КСІ та 0,001 М MgCl_2 (сира маса: об'єм буферу - 1:5), центрифугуванням при 5000 об/хв протягом 15 хв. Осад, що містив клітинні мембрани, ресуспендували у верхній фазі розчину, отриманого змішуванням двофазної системи розчинів 0,25 М сахарози і 30%-вого поліетиленгліколю в 0,2 М розчині фосфату натрію, попередньо витриманого 24 години при 4°C . Суспензію розділяли порівну в три полікарбонатні пробірки об'ємом 50 мл, у кожену додавали 10 мл нижньої фази суміші розчинів, змішували і центрифугували при 2000 г 15 хв в бакет-роторі. Мембранний матеріал збирали у просторі розділення фаз за допомогою шприца. Усі процедури здійснено при 4°C .

Мікроскопічне дослідження мембран здійснювали після їх фарбування барвником «хлор – цинк – йод» (водний розчин ZnCl_2 та КJ) [12]. При цьому до краплі розчину виділених мембран на предметному склі додавали барвник, потім у надлишку кристалічний J_2 , накривали покривним склом і мікроскопували при $\times 900$ (мікроскоп МБІ-15).

РЕЗУЛЬТАТИ

Життєдіяльність клітин, особливо у водних організмів, які постійно контактують із середовищем існування, в більшості випадків визначається складом, структурою та функціональним станом їхньої клітинної стінки, а також мембрани [13].

За дії різних стресорів насамперед руйнується клітинна стінка. Мікроскопічно це виглядає так, ніби клітина оголюється, втрачаючи цю структуру. У результаті утворюється протопласт – клітина без клітинної стінки, однак з мембраною. Доказом цього свідчить також зменшення кількості вуглеводів у мембрані за дії несприятливих факторів [14]. Слід зазначити, що клітина дуже легко втрачає клітинну стінку і навіть не намагається її швидко відновити. У зв'язку з чим ми гадаємо, що цей процес безпосередньо пов'язаний із можливістю зливатися ізольованим протопластам між собою (рис. 1).

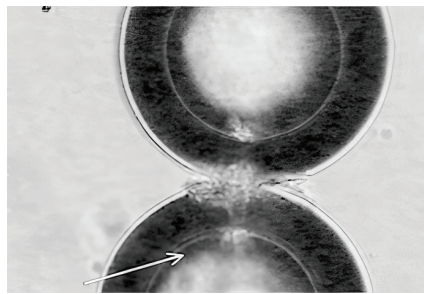


Рис. 1. Злиття ізольованих протопластів між собою

Зазначимо, що протопласти можуть з'єднуватися між собою тільки тоді, коли у протопластів ще не утворилася клітинна стінка.

Раніше ми стверджували не про злиття, а про утворення конгломератів як механізм захисту, однак до кінця не розуміючи, який саме [15]. Сьогодні ми з упевненістю можемо говорити про те, що злиття протопластів це своєрідний метод гібридизації, так звана парасексуальна, або соматична гібридизація. На відміну від звичайної, де зливаються статеві клітини (гамети), в якості батьківських, при парасексуальній гібридизації зливаються диплоїдні клітини рослин.

Отже, злиття протопластів призводить до утворення соматичного гібриду – продукту злиття і цитоплазми, і ядра обох протопластів (рис. 2).

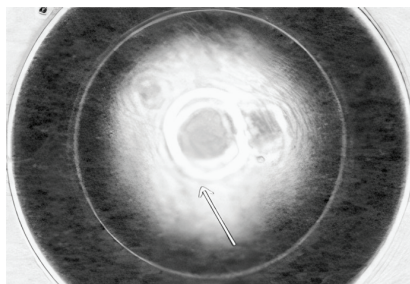


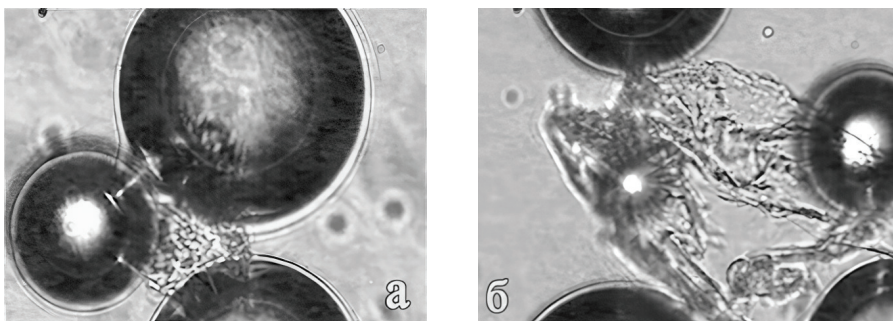
Рис. 2. Соматичний гібрид

Нагадаємо, що позаядерні генетичні детермінанти у більшості рослин успадковуються у статевому процесі строго одноядерно та від матері. При цьому цитоплазматичний геном кодує ряд найважливіших ознак – швидкість фотосинтезу, стійкість до патогенів, абіотичних факторів тощо.

Виходячи з цього вважаємо, що парасексуальна гібридизація сприяє спонтанному генеруванню сотні нових життєздатних клітин, які швидше адаптуються до змінених умов існування. Тим більше, що є відомості про рекомбінацію ДНК мітохондрій та хлоропластів у таких гібридних клітинах, а також наявність косегрегації генів (ознаки, що контролюють позаядерний геном, сегрегують спільно), що свідчить про фізичне зчеплення генів [16].

Слід зазначити, що при злитті можуть утворюватися і так звані асиметричні гібриди – продукти злиття, що мають повний хромосомний набір одного з партнерів і частину хромосом іншого партнера. В цьому випадку внаслідок неправильних поділів клітини, обумовлених некоординованою поведінкою двох різнорідних наборів хромосом, у ряді поколінь втрачаються частково або повністю хромосоми одного з батьків. Асиметричні гібриди бувають стійкішими, плодючішими і життєздатнішими, ніж симетричні, що несуть повні набори генів батьківських клітин [16].

Гібриди можуть бути отримані шляхом злиття трьох та більше батьківських клітин. У своїх експериментах ми спостерігали як агрегати з 2-3 протопластів (рис. 3а), так і ланцюжки з 5-6 протопластів (рис. 3б). З таких гібридних клітин можуть утворитися рослини – регенеранти.



**Рис. 3. Утворення агрегатів з 2 – 3 протопластів (а)
та ланцюжка з 5 – 6 протопластів (б)**

При цьому виникало питання щодо механізму цього злиття. Вважаємо, що адгезії протопластів сприяв дещо гіпотонічний водний розчин усередині клітини за рахунок нагромадження іонів натрію [17]. При цьому знижувався негативний заряд на зовнішній мембрані, що й дало можливість злитися протопластам. Іншими словами, умови деполаризації мембрани сприяли цитоплазматичному злиттю. Присутність іона Na^+ також викликала локальну перебудову в ліпопротеїновій мембрані, яка в свою чергу дозволила вступити в контакт двом або більше областям клітини. Додатковий одиничний імпульс постійного струму викликав латеральну дифузію білків мембрани, утворюючи при цьому вільні від глікопротеїдів ліпідні області, що і призвело до утворення пор у сильно стиснутих мембранах, в результаті чого відбувалося перетікання цитоплазми, оскільки змінний струм утримував протопласти разом деякий час, і протопласти в таких

агрегатах зливались (рис. 4). Затухаючий струм призвів до повернення сферичної форми у протопластів, що злилися.

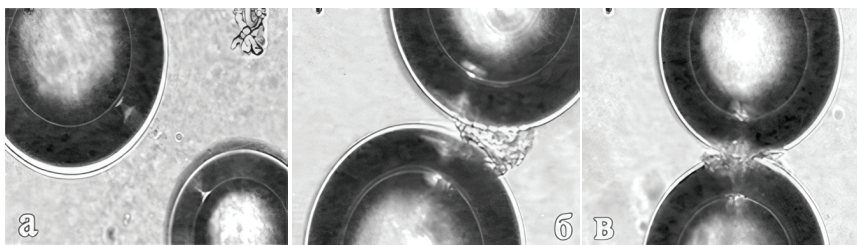


Рис. 4. Латеральна дифузія білків мембрани (а), утворення пори (б), перетікання цитоплазми (в)

Однак, як показують наші експерименти, протягом 10-30 хвилин оголений протопласт покривається желатиною оболонкою. Желатиновий матеріал, як конверт, поширюється по поверхні протопласту протягом декількох хвилин, щоб дати можливість відновитися первинній мембрані або ж синтезуватися вторинній мембрані, щоб запобігти втраті вмісту цитоплазми. У першому чи другому випадку необхідні ліпіди, а на їх утворення потрібно приблизно 12-18 годин.

Експерименти з використанням нільського червоного та різних ферментів показують, що основний конверт має не ліпідну природу. Спочатку він складається з полісахаридів, які відіграють важливу роль у підтримці цілісності первинної оболонки принаймні протягом перших 6 годин. Це дуже важливо, оскільки основний конверт є тимчасовим і спочатку не ліпідним, проте виконує багато властивостей клітинної мембрани і є напівпроникним [18; 19].

Багато вчених пропонують позначити протоплазм, укладений у желатинову оболонку як суб-протопласт, щоб відрізнити його від протопласту з мембраною. Ми пропонуємо назвати цю структуру псевдопротопласт, оскільки в біотехнології дуже часто користуються терміном субпротопласт маючи на увазі фрагменти, отримані з протопластів.

Розмір новостворених псевдо-протопластів переважно 30-50 мкм у діаметрі, незгоднакжно від природи токсиканту. Цей розмір майже такий самий, як і розмір клітини цього виду. Виживання псевдо-протопластів було часткове і згоднакжало від їх розмірів. Псевдо-протопласти менше 10 мкм не вижили (рис. 5).

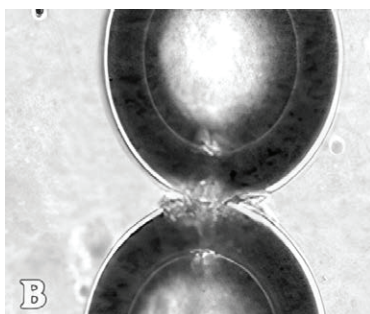


Рис. 5. Псевдо-протопласти 30-40 мкм (а) та менше 10 мкм (б)

Псевдо-протопласти більше ніж 100 мкм часто ділилися на кілька невеликих підгруп протопластів (рис. 6 а, б) або вироджувалися (рис. 6 в).

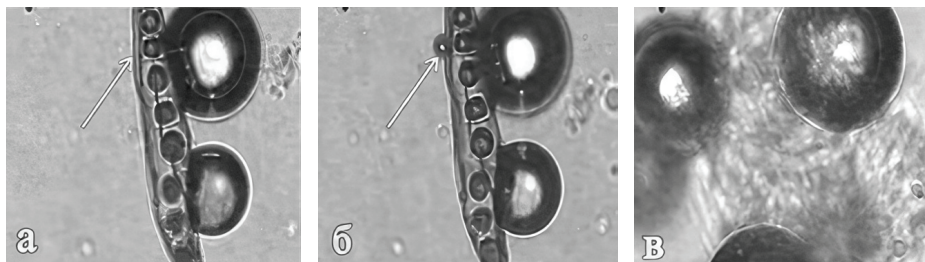


Рис. 6. Розподіл псевдо-протопласту 100 мкм (а, б) або виродження (в)

Різке зниження кількості псевдо-протопластів спостерігалось від 9 до 18 годин після токсичного впливу, якраз перед утворенням клітинної мембрани. Отже, відновлення первинної клітинної мембрани або розвиток вторинної клітинної мембрани, здається, є критичним фактором для виживання псевдо-протопластів.

Як показали наші експерименти, регенерація клітинної стінки відбувалася приблизно через 4-6 годин після утворення псевдо-протопластів. Фарбування показало накопичення целюлози на поверхні первинної мембрани. Слід зазначити, що накопичення компонента целюлози відбувалося до початку регенерації первинної мембрани чи розвитку вторинної мембрани.

Отже, псевдо-протопласт мав здатність транспортувати компоненти целюлози первинною мембраною. При цьому спостерігалось накопичення ліпідного матеріалу у центрі протоплазми. Цей етап відбувається лише тоді, коли у протоплазмі утворилося гіпотонічне середовище за рахунок іонів натрію. Високий сольовий розчин є гідрофобнішим, ніж низький сольовий розчин і може забезпечити сильніше зусилля для стиснення гідрофобного ліпідного матеріалу від центру мас протоплазми. Гідрофільні матеріали, у тому числі полісахариди, всередині протоплазми виштовхуються в процесі і поширюються поверхнею, щоб утворити клітинну стінку.

Тільки після утворення клітинної стінки починає відновлюватись мембрана. Якщо її пошкодження не настільки великі, то первинна мембрана регенерується за рахунок утворення одного або більше нерозчинних корки. При цьому ми спостерігали утворення, які згодом зменшувалися у розмірі та могли навіть зникати (рис. 7).

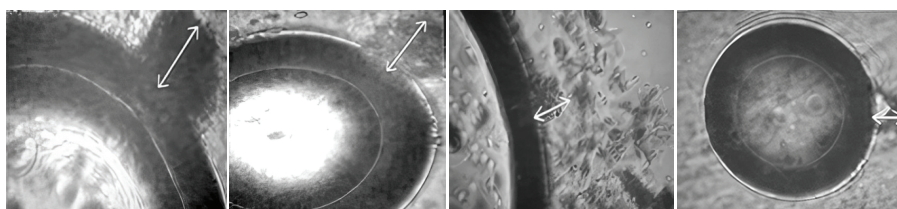


Рис. 7. Ренерація первинної мембрани

Якщо пошкодження первинної мембрани великі, то клітина починає синтезувати вторинну концентричну мембрану [20] (рис. 8).

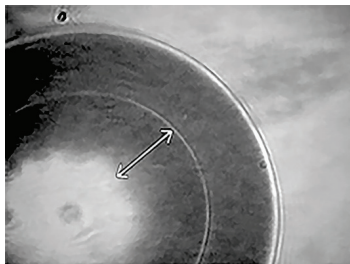


Рис. 8. Утворення вторинної концентричної мембрани

Припускаємо, що залишок початкової клітинної мембрани стискається в центрі і буде в першу чергу задіяний в утворенні вторинної мембрани. Отже, існує джерело ліпідів для побудови другої мембрани [21]. Мікроскопічні дослідження свідчать про значну аглютинацію клітинних мембран у псевдо-протопласті, внаслідок чого нова клітинна мембрана може бути сформована шляхом злиття з оригіналом, з первинною мембраною, котра розпалася з утворенням цитоплазматичних бульбашок на поверхні протоплазми (рис. 9).

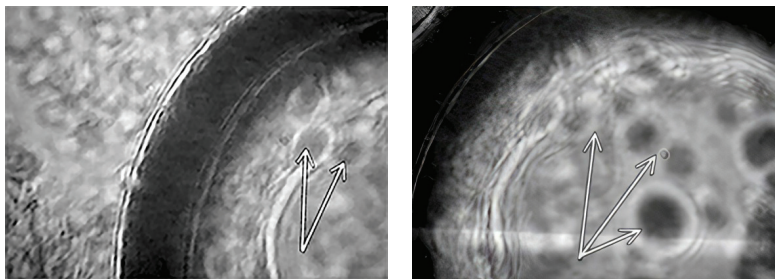


Рис. 9. Деструкція первинної мембрани з утворенням цитоплазматичних пухирців

Отже, ліпідний матеріал у центрі протоплазми може бути залишком вихідної клітинної мембрани, який, швидше за все, повинен бути включений з часом до системи вторинної концентричної мембрани.

ВИСНОВКИ

Утворення вторинних концентричних мембран як відповідь на дію токсикантів було вивчено протягом багатьох років на різних групах рослин та водоростей. Слід зазначити, що цей процес ми розглядаємо лише як процес регенерації, щоб зберегти цілісність рослин. При цьому ми не виключаємо і той факт, що вищевикладене може бути витлумачено як один із головних механізмів адаптації, при якому рослини можуть

спонтанно генерувати сотні нових життєздатних клітин, які швидше адаптуються до змінених умов існування за рахунок соматичної гібридизації.

Вважаємо, що в спонтанній регенерації клітинної оболонки можна виділити чотири основні стадії: 1) утворення протопласту; 2) формування псевдо-протопласту; 3) синтез клітинної стінки; 4) альтерація первинної мембрани або формування вторинної концентричної мембрани.

Очевидно, регенерація клітинної оболонки може бути важливою моделлю вивчення таких процесів, як взаємодія різних клітинних органел, формування різних типів гібридних клітин і особливо, еволюції клітинних мембран.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kim G.H., Hwang M.S., Fritz L., Lee I.K. (1995). The wound healing response of *Anti-thamnion nipponicum* and *Griffith siapacipica* (Ceremiales, Rhodophyta) monitored by lectins. *Phycol. Research*. 43. P. 161–166.
2. Mariani-Colombo P., Vannini G.L., Mares D. (1980). A cytochemical approach to the wound repair mechanism in *Udotea petiolate* (Siphonales). *Protoplasma*. 104. P. 105–117.
3. McNeil P. L., Vogel S. S., Miyake K., Terasaki M. (2000). Patching plasma membrane disruptions with cytoplasmic membrane. *J. Cell Sci*. 113. P. 1891–1902.
4. Menzel D. (1988). How do giant plant cells cope with injury? – The wound response in siphonous green algae. *Protoplasma*. 144. P. 73–91.
5. Nawata T., Kikuyama M., Shihira-Ishikawa I. (1993). Behavior of protoplasm for survival in injured cells of *Valonia ventricosa*: involvement of turgor pressure. *Protoplasma*. 176. P. 116–124.
6. Костюк К.В. Структурно-функціональні реакції клітин водних рослин на дію токсикантів : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.17 ; НАН України, Ін-т гідробіології. Київ, 2011. 21 с.
7. Остапченко Л.І., Компанець І.В., Синельник Т.Б. Біологічні мембрани та основи внутрішньоклітинної сигналізації: методи дослідження : навч. посіб. Київ : ВПЦ Київський університет, 2017. 447 с. (укр.)
8. Myung-Kyu Choi, Sangwon Son, Mingi Hong, Min Sung Choi, Jae Young Kwon, and Junho Lee. Maintenance of Membrane Integrity and Permeability Depends on a Patched-Related Protein in *Caenorhabditis elegans*. *Genetics*. 2016 Apr; 202(4): 1411–1420. Published online 2016 Feb 5. doi: 10.1534/genetics.115.179705.
9. Клітинна біофізика: структурна організація та біофізичні властивості мембран : навч.-метод. розроб. / упорядн. К.І. Богуцька. Київ, 2020. 50 с. (укр.)
10. Anubhav Singh, Anuj Sharma, Rohit K. Verma, Rushikesh L. Chopade, Pritam P. Pandit, Varad Nagar, Vinay Aseri, Sumit K. Choudhary, Garima Awasthi, Kumud K. Awasthi and Mahipal S. Sankhla. Singh A. Heavy Metal Contamination of Water and Their Toxic Effect on Living Organisms. *The Toxicity of Environmental Pollutants*. Submitted: February 2nd, 2022 Reviewed: April 27th, 2022 Published: June 15th, 2022 DOI: 10.5772/intechopen.105075. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/82246>.
11. Grubinko V. V., Kostiuk K. V. Structural Changes in the Cellular Membranes of the Aquatic Plants under the Impact of Toxic Substances. *HydrobJ*. Volume 48, Issue 2, 2012, pp. 40–54. DOI: 10.1615/HydrobJ. v48.i2.60.
12. Broda B. Metody histochemii roslinnej. (1971) Warszawa: *Panstwo wyzakladwy dawnictw lekarskich*. 255 p.
13. Демченко О.П. Сучасні уявлення про структуру і динаміку біологічних мембран. *Біополімери і клітина*. 2012. № 1. Т. 28. С. 24–38. (укр.)
14. Горда А.І., Грубінко В.В. Вплив дизельного палива на біосинтез протеїнів, вуглеводів і ліпідів у *Chlorella vulgaris* Beijer. *Biotechnologia Acta*. 2011. № 6. Т. 4. С. 74–81. (укр.)

15. Костюк К.В. Специфічні та неспецифічні реакції клітин гідробіонтів на дію важких металів та нафтопродуктів / К.В. Костюк, В.В. Грубінко. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск: Фізіолого-біохімічні та екосистемні механізми формування токсикорезистентності біологічних систем, присвячений пам'яті член-кореспондента Академії педагогічних наук України, доктора біологічних наук, професора Олександра Федотовича Явоненка.* 2011. № 2(47). С. 35–43. (укр.).
16. Курський М.Д., Кучеренко С.М. Біомембранологія : навч. посіб. Київ : Вища шк., 1993. 260 с. (укр.).
17. Luckey M. (2014). *Membrane structural biology: with biochemical and biophysical foundations. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.* 423 p.
18. Kobayashi, K., Kanaizuka, Y. (1985). Reunification of sub-cellular fractions of *Bryopsis* into viable cells. *Plant Sci.* 40. P. 129–135.
19. Tatewaki M., Nagata K. (1970). Surviving protoplasts in vitro and their development in *Bryopsis*. *J. Phycol.* 6. P. 401–403.
20. Луців А.І., Грубінко В.В. Особливості поглинання Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} і Pb^{2+} клітинами *Chlorella vulgaris* Beijer. *Доповіді Національної академії наук України.* 2013. № 7. С. 138–145. Бібліогр.: 15 назв. (укр.).
21. Грубінко В.В., Горда А.І., Боднар О.І. Метаболізм водоростей за дії іонів металів водного середовища (огляд). *Гидробиол. журн.* 2011. 47, № 4. С. 80–95. (укр.)

REFERENCES

1. Kim G.H., Hwang M.S., Fritz L., Lee I.K. (1995). The wound healing response of *Antithamnion nipponicum* and *Griffith siapacipica* (Ceramiales, Rhodophyta) monitored by lectins. *Phycol. Research.* 43. P. 161–166.
2. Mariani-Colombo P., Vannini G.L., Mares D. (1980). A cytochemical approach to the wound repair mechanism in *Udotea petiolate* (Siphonales). *Protoplasma.* 104. P. 105–117.
3. McNeil P. L., Vogel S. S., Miyake K., Terasaki M. (2000). Patching plasma membrane disruptions with cytoplasmic membrane. *J. Cell Sci.* 113. P. 1891–1902.
4. Menzel D. (1988). How do giant plant cells cope with injury? – The wound response in siphonous green algae. *Protoplasma.* 144. P. 73–91.
5. Nawata T., Kikuyama M., Shihira-Ishikawa I. (1993). Behavior of protoplasm for survival in injured cells of *Valonia ventricosa*: involvement of turgor pressure. *Protoplasma.* 176. P. 116–124.
6. Kostiuk K. V. (2011). Strukturno-funktsionni reaktsii klityn vodnykh Roslyn na diiu toksykanativ [Structural and functional reactions of cells of aquatic plants to the action of toxicants]. avtoref. dys. ... kand. boil. nauk: 03.00.17 / NAN Ukrainy, In-t hidrobiolohii. K., 2011. 21 s. [in Ukrainian].
7. Ostapchenko L. I., Kompanets I.V., Synelnyk T.B. (2017). Biolochni membrany ta osnovy vnutrikliynnoi suhnalzatsii [Biological membranes and the basics of intracellular signaling: research methods]. metody doslidzhennia: navch. posib. / K.: VPTs Kyivskyi universytet, 2017. 447 s. [in Ukrainian].
8. Myung-Kyu Choi, Sangwon Son, Mingi Hong, Min Sung Choi, Jae Young Kwon, and Junho Lee. Maintenance of Membrane Integrity and Permeability Depends on a Patched-Related Protein in *Caenorhabditis elegans*. *Genetics.* 2016 Apr; 202(4): 1411–1420. Published online 2016 Feb 5. doi: 10.1534/genetics.115.179705
9. Klitynna biofizyka: strukturna orhanizatsiia ta biofizychni vlastyvoli membrane [Cellular biophysics: structural organization and biophysical properties of membranes]. Navch.-metod. rozrob. / uporiadn. K. I. Bohutska. K., 2020. 50 s. [in Ukrainian].

10. Anubhav Singh, Anuj Sharma, Rohit K. Verma, Rushikesh L. Chopade, Pritam P. Pandit, Varad Nagar, Vinay Aseri, Sumit K. Choudhary, Garima Awasthi, Kumud K. Awasthi and Mahipal S. Sankhla. Singh A. (2022). Heavy Metal Contamination of Water and Their Toxic Effect on Living Organisms. *The Toxicity of Environmental Pollutants*. Submitted: February 2nd, 2022 Reviewed: April 27th, 2022 Published: June 15th, 2022 DOI: 10.5772/intechopen.105075 URL: <https://www.intechopen.com/chapters/82246>
11. Grubinko V. V., Kostiuk K. V. (2012). Structural Changes in the Cellular Membranes of the Aquatic Plants under the Impact of Toxic Substances. *Hydrobiological Journal*. Volume 48, Issue 2, 2012, pp. 40-54 DOI: 10.1615/HydrobJ. v48.i2.60.
12. Broda B. Metody histochemii roslinnej (1971). Warszawa: *Panstwo wyzakladwy dawnictw lekarskich*. 255 p.
13. Demchenko O. P. (2012). Suchasni uivlennia pro strukturu I dynamiku biolohichnykh membrane [Modern ideas about the structure and dynamics of biological membranes]. *Biopolimery i klityna*. 2012. №1. T. 28, S. 24-38. [in Ukrainian].
14. Horda A. I., Hrubinko V. V. (2011). Vplyv dyzelnoho palyva na biosyntezy proteiniv, vuglevodiv i lipidiv u *Chlorella vulgaris* Beijer [Effect of diesel fuel on the biosynthesis of proteins, carbohydrates and lipids in *Chlorella vulgaris* Beijer]. *Biotechnologia Acta*. T. 4, № 6. S. 74-81. [in Ukrainian].
15. Kostiuk K. V., Hrubinko V. V. (2011). Spetsufichni ta nespetsufichni reaktsii klityny na diiu vazhkykh metaliv ta naftoproduktiv [Specific and non-specific reactions of hydrobiont cells to the action of heavy metals and oil products]. *Nauk. zap. Ternop. nats. ped. un-tu im. Volodymyra Hnatiuka. Seriya: Biolohiia*. Spetsialnyi vypusk: Fiziolohe-biokhimichni ta ekosystemni mekhanizmy formuvannia toksykorezistentnosti biolohichnykh system, prysviachenyi pamiaty chlen-korespondenta Akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy, doktora biolohichnykh nauk, profesora Oleksandra Fedotovycha Yavonenka. № 2 (47). S. 35-43. [in Ukrainian].
16. Kurskyi M. D., Kucherenko S. M. (1993). Biomembranoloheia [Biomembranology]: navch posib. K.: Vyshcha shk. 260 s. [in Ukrainian].
17. Luckey M. (2014). Membrane structural biology: with biochemical and biophysical foundations. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom. 423 p.
18. Kobayashi, K., Kanaizuka, Y. (1985). Reunification of sub-cellular fractions of *Bryopsis* into viable cells. *Plant Sci*. 40. P. 129-135.
19. Tatewaki M., Nagata K. (1970). Surviving protoplasts in vitro and their development in *Bryopsis*. *J. Phycol.* 6. P. 401-403.
20. Lutsiv A. I., Hrubinko V. V. (2013). Osoblyvosti poglynnannia Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} i Pb^{2+} klitynyamy *Chlorella vulgaris* Beijer [Features of absorption of Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} and Pb^{2+} by *Chlorella vulgaris* Beijer cells]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*. 2013. № 7. S. 138-145. Bibliohr.: 15 nazv. [in Ukrainian].
21. Hrubinko V. V., Horda A. I., Bodnar O. I., Klochenko G. D. (2011). Metabolizm vodorostei za dii ioniv metaliv vodnogo seredovyscha (ohlyad) [Metabolism of algae under the influence of metal ions in the aquatic environment (review)]. *Hidrobiol. zhurn*. 2011. 47, № 4. S. 80-95. [in Ukrainian].

ABSTRACT

THE MECHANISM OF FORMATION OF A SYSTEM OF SECONDARY CONCENTRIC MEMBRANES IN HIGHER AQUATIC PLANTS UNDER THE ACTION OF TOXIC SUBSTANCES ON THE EXAMPLE OF LÉMNA MINOR L.

It's hard to imagine that such difficult structure as cell membrane can be restored, but it is restored through the formation of secondary concentric membrane.

The ability of many organisms to regenerate partial breaks in their cell membrane has been well studied [16; 18; 19]. When cells are damaged, they quickly repair damage in the membrane, forming one or more insoluble plugs. These insoluble plugs are composed of lipids and polysaccharides to prevent loss of cytoplasm content. Over time, the cells restore their original volume and shape. [20; 21]. Given the large size of the cells, it should be understood that these breakdowns can be many. Other processes associated with the formation of a system of secondary concentric membranes are involved here [9].

Our results shows that secondary membrane isn't temporary, it's functions are the same as primary cell membrane and it's formation takes just few hours. In this investigation we offer full description of the fact how secondary concentric membrane is formed, also stages of this process and meaning during adaptation.

A complete explanation of how these cells repair the damaged membrane, including the cell wall, remains to be determined. Therefore, the purpose of this article was to study the processes of formation of the secondary concentric membrane and cell wall on the example of higher aquatic plants *Lémna minor* L.

Cell wall regeneration can be an important model for studying processes such as the interaction of various cellular organelles, the formation of different types of hybrid cells and especially, the evolution of cell membranes.

In the spontaneous regeneration of the cell wall, four main stages can be distinguished: 1) Protoplast formation; 2) Pseudo-protoplast formation; 3) cell wall synthesis; 4) formation of a secondary concentric membrane.

Key words: *Lémna minor* L, protoplasts, pseudo-protoplast, double concentric membrans, parasexual hybridization, somatic hybrids, regeneration.

UDC 911

DOI <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.1.2>

Viktor Mykolayovych Senkiv,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Ecology and Geography

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine

orcid.org/0000-0003-2873-2599, e-mail: v_senkiv@ukr.net

Iryna Volodymyrivna Bryndzia,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Medical and Biological Disciplines, Geography and Ecology

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine

orcid.org/0000-0002-2873-7712, e-mail: ira_3107@ukr.net

SPATIAL ANALYSIS OF WATER QUALITY INDICATORS IN DROHOBYCH DISTRICT

Abstract. Water quality is one of the important indicators of the well-being in the region. While the sources of decentralized water supply are relatively protected and under constant control, the quality of water in the sources of decentralized water supply needs additional attention. At the same time, water quality indicators of decentralized water supply sources make it possible to assess the quality of natural waters in the region. The development of spatial analysis methods in the assessment of water quality allows to determine the influence of environmental factors on water quality and to determine areas and settlements with the most and least safe conditions for decentralized water supply. The article presents the results of a spatial analysis that permitted to assess the water quality of the sources of decentralized water supply in the Drohobych district. The conducted analysis made it possible to establish the territories with the highest water quality in the district. The proposed method can be used in monitoring studies and for assessing the quality of natural resources in the region.

Key words: Drohobych district, monitoring, water quality, spatial analysis.

INTRODUCTION

A decentralized water supply system is the system where water is sourced, and distributed locally, and not being supplied by a centralized system [12]. This can be done in a variety of ways, including stormwater collection, groundwater recharge, and small-scale well water use. Decentralized systems offer a number of advantages over centralized systems, including increased resilience, lower costs and greater community participation in water management. But their use can also be subject to regulatory restrictions. In addition, such sources require ongoing monitoring. Decentralised water systems can be an effective means of ensuring access to safe and reliable water in regions where centralised systems are neither feasible nor desirable [10].

Water quality testing is an important monitoring instrument to ensure that the water is safe for human consumption, aquatic life and other uses. The reasons for the significance of water quality testing are [2]:

1. Protecting human health: Water is a vital resource for humans, and contaminated water can cause many health problems, including diarrhoea, cholera, typhoid and other waterborne diseases.
2. Environmental Protection: Water quality testing helps to monitor the health of aquatic ecosystems and protect them from pollution.

3. Regulatory Compliance: Governments and regulatory bodies have established water quality standards, and water quality testing helps to ensure those standards are met.

4. Economic Benefits: Safe drinking water is critical to agriculture, industry and tourism. Water quality testing ensures that water is adequate for these activities and can contribute to economic growth.

Water quality monitoring surveys include the chemical analysis of various indicators. Such studies provide updated information on water quality at a certain point in time. At the same time, spatial analysis can also be used to assess the quality of water resources of the territories. Mapping the results of chemical analyzes of water allows identifying regions with unsatisfactory conditions, assessing the spread of pollution, and determining the impact of related factors on water quality [19].

Spatial analysis is the process of reviewing and interpreting geographical location information. It involves using a variety of techniques and tools to analyze spatial data, such as maps, satellite imagery and geographical information systems (GIS) [6, 7]. Spatial analysis may be used to determine trends, relationships and trends in geography-related data, such as population density, land use and environmental factors. It is widely used in urbanism, environmental sciences and epidemiology [1].

Spatial analysis can also be used to model the dispersion of pollutants in the environment, taking into consideration factors such as winds, terrain and land cover. This can assist in predicting the potential impact of pollution on neighboring communities and ecosystems [20].

Spatial analysis of pollution sources involves the use of geographic information systems (GIS) to identify and map the location of pollution sources, such as factories, power plants, transportation routes, place of wastewater discharges and landfills [21]. This information can then be used to assess the potential impact of these sources on human health and the environment, as well as to develop strategies for mitigating their effects [5].

GIS technology allows the integration of various data sources, such as satellite imagery, air quality monitoring data, and demographic information, to create detailed maps of pollution sources and their surrounding areas. This can help identify trends in pollution levels and areas that are especially vulnerable to pollution [13].

Apart from GIS technologies, the instruments in Excel and similar products may be used for spatial analysis. For spatial analysis in Excel, geographical data in a format that Excel can read, such as CSV, TXT or Excel files are used. Excels built-in mapping and analysis tools, such as the “Map Chart” and “Data Analysis” features help to analyze and visualize the data [14].

Some common spatial analysis techniques performed in Excel include [8]:

1. Mapping: Create maps to visualise spatial models and relationships in data.
2. Spatial statistics: Calculate distance, area, proximity and other spatial statistics for data analysis.
3. Spatial Interpolation: Estimate values of locations where data are missing or incomplete through interpolation techniques.
4. Cluster analysis: Identify groups or clusters of data points which have similar spatial features.
5. Spatial regression: Analyze the relationship between spatial and other non-spatial variables by means of a regression analysis.

Excel can be a useful tool for basic spatial analysis, but more sophisticated analyses may require specialized GIS software.

Another applied software, Tableau, can be also used for data processing and spatial analysis. Special instruments in this software are used for creating digital maps. Spatial analysis in Tableau involves the use of geographic data to build maps and analyze site-based data. In Tableau, the user can log on to various spatial data sources, such as shape files, KML files, Excel files and spatial databases, and view the data on a map. Users can also create custom maps by importing their own map images or by creating maps through the mapping tools in Tableau [19].

The spatial analysis in Tableau includes various characteristics, such as geo-coding, spatial connections and spatial calculations. Geocoding is the process of converting addresses or place names into geographical coordinates that can be used to trace data on a map. Spatial connections make it possible to combine spatial data with non-spatial data, such as demographic and sales data. Mapping visualization also helps to find hidden information or insights. Spatial calculations enable users to make calculations based on geographical data, such as measuring distances or creating buffers around points [11]. Spatial analysis in Tableau allows users to gain insights into their data based on location, which can be useful for a variety of applications, such as market analysis, urban planning, and environmental monitoring [16].

MATERIALS AND METHODS

The studies of the water quality indicators and further spatial analysis were performed in the Drohobych district. Drohobych district is located in the Lviv Oblast of Ukraine and is known for its diverse landscape, including forests, mountains, and rivers. The district is situated in the Precarpathians, the region has a temperate climate, with mild summers and cold winters [15]. The main industries in the district are agriculture, machine building, recreation, forestry. The district is also home to several protected natural areas, including the Carpathian Biosphere Reserve and the Skole Beskids National Nature Park, which are important for biodiversity conservation [3].



Fig. 1. Map of Drohobych district

Water resources of the region are represented by rivers that enter the Dniester basin, reservoirs, streams, and underground waters. The cities of the district, Drohobych, Stebnyk, Boryslav, and Truskavets, have a centralized water supply [17]. One of the main suppliers of drinking water is the utility company "Drohobychvodokanal". At the same time, in many inhabited points in rural areas, the population uses sources of decentralized water supply, in particular, water from wells. The quality of water in these settlements needs to be monitored and evaluated.

To assess the quality of water in the Drohobych District, water samples were taken in 17 settlements (Table 1). Samples were taken and analyzed in 2021. The analysis was carried out according to 13 indicators: ammonium content, chlorides, sulfates, iron content, hardness, total mineralization, content of nitrates, nitrites, fluorides, manganese, odor, total mineralization and hydrogen index. Analyzes were performed in accordance with standard methods for assessing the quality of drinking water [4, 18]. A data file was generated based on the results.

Table 1

Settlements, where water samples were taken and their geographical coordinates

No.	Settlement	Latitude	Longitude
1	Lishnia	49,37361	23,45417
2	Uniatychi	49,37361	23,41583
3	Nahujevychi	49,361945	23,320557
4	Stupnytsia	49,431389	23,3225
5	Verkhni Hai	49,313334	23,656112
6	Medvezha	49,407778	23,381944
7	Ranevychi	49,345278	23,556389
8	Bystyrsia	49,471111	23,445
9	Navoshychi	49,475556	23,450278
10	Luszok	49,449722	23,369444
11	Pochaievychi	49,360557	23,575557
12	Rykhtychi	49,39139	23,541945
13	Dobrivliany	49,435278	23,566111
14	Mykhailevychi	49,375835	23,600558
15	Nyzhni Hai	49,3476	23,676668
16	Derezhychi	49,334722	23,455833
17	Drohobych (district center)	49,35	23,5

At the next stage, the geographic coordinates of the sampling points were added to the received data file. The file prepared in this way was further processed in the Tableau software. A separate map was compiled for each indicator of water quality [9]. The parameters for distinguishing indicators were used - the size of the marker and its color. The darker color of the settlement marker and its larger size corresponded to a higher value of the quality indicator. A lighter color and smaller marker size corresponded to a smaller indicator value.

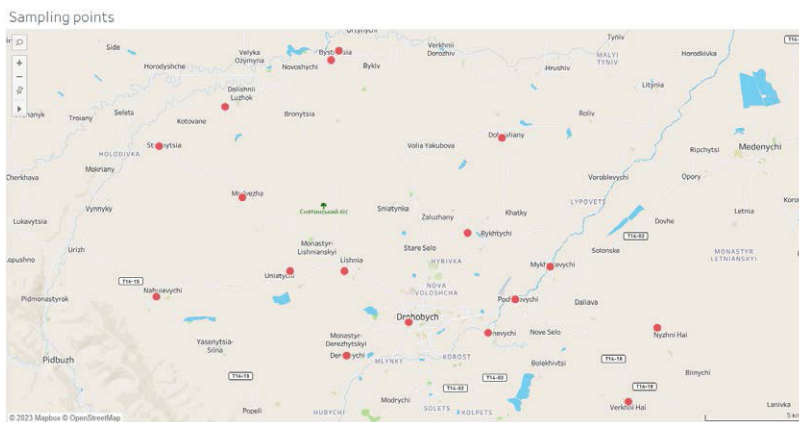


Fig. 2. Map of the sampling points

RESULTS

The results of the spatial analysis are presented in the form of a set of maps from the display of values for the corresponding indicator. The ammonium content (Fig. 3) of the water samples of the studied settlements differs slightly. The lowest values are observed for the southeastern part and the northwestern part of the district. The highest value for this indicator was recorded for the northeastern part (the village of Dobrivlyany).

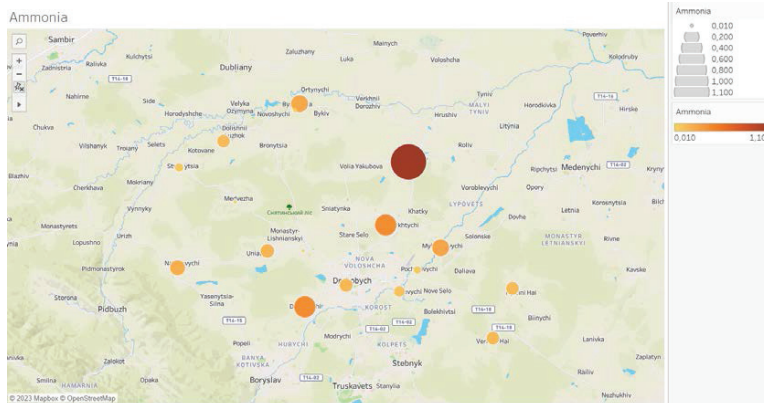


Fig. 3. Map of ammonium content

According to the content of chlorides (Fig. 4), the territory of the district can be divided into two parts. The eastern and southeastern part of the district is characterized by a lower content of chlorine ions. In the eastern and especially in the northeastern part, this indicator has higher values. As for the content of fluorides (Fig. 5), it is possible to single out only the part of the district with the lowest content of them. The lowest value is observed for the southern and southeastern parts of the district. In the rest of the territory, the value of this indicator is approximately 5 times higher.

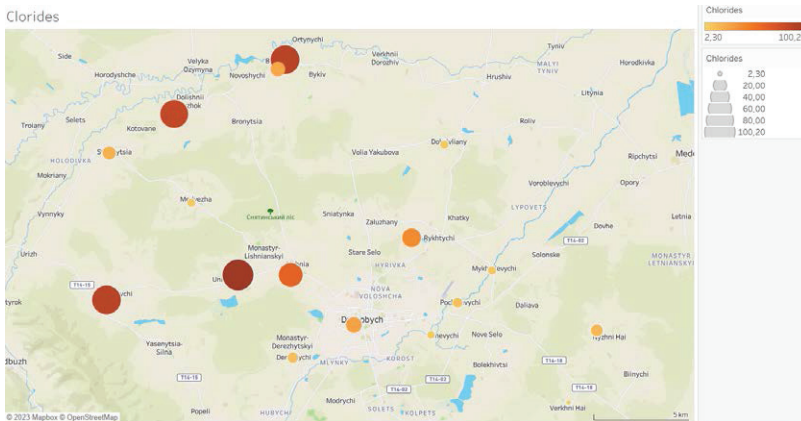


Fig. 4. Map of chlorides content

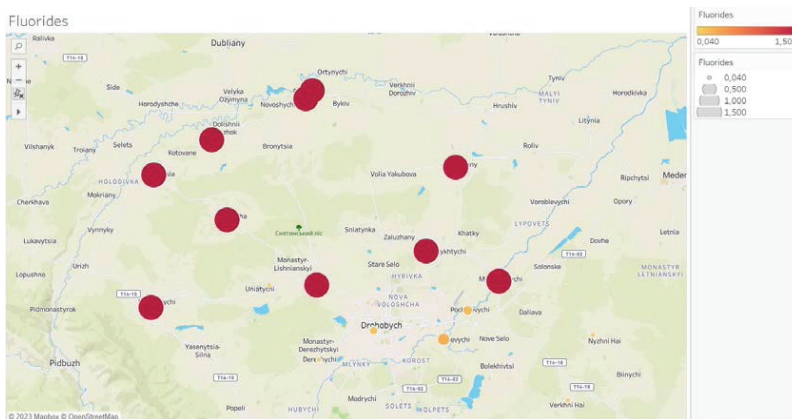


Fig. 5. Map of fluorides content

Regarding water hardness, the smallest and largest values differ by more than 5 times. The highest indicators of hardness are recorded in the northern and northeastern parts of the district. The lowest value of this parameter is observed for the southeastern part of the district (Fig. 6). The lowest value of iron content in water is also observed in the southeastern part of the district (Fig. 7). In the rest of the territory, the values of this indicator were 4-5 times higher. The highest value was observed for one settlement - the village of Dobrivlyany.

The content of manganese in the water of all studied objects is approximately the same. The absence of special differences can be seen on the corresponding map (Fig. 8). Analysis of the nitrate content shows the presence of differences depending on the location of the research object (Fig. 9). The highest values are observed in the northwestern part of Drohobych district. The lowest content of nitrates in water is recorded in the southeastern part of the district.

The content of nitrites in the studied water differs significantly only for two settlements in the north and south of the district (Fig. 10). In the rest of the studied area, the nitrite content in the water is about 5-7 times lower. For the southeastern part of the district, this indicator is almost 10 times lower. The evaluation of the smell of water (Fig. 11) shows that this parameter

is the same for most settlements in the studied area. Much higher values of this indicator are recorded in three settlements located in the northeastern part of the studied district.

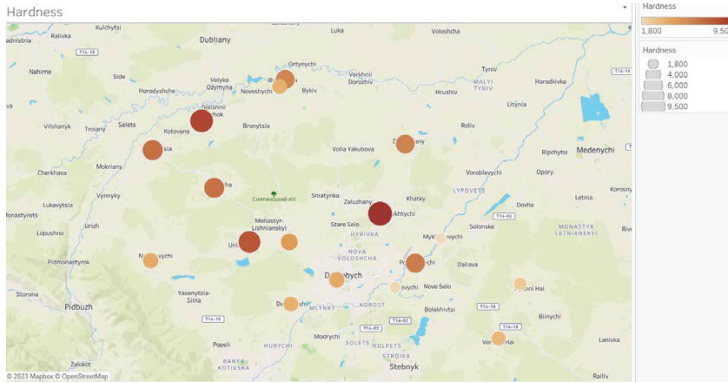


Fig. 6. Map of water hardness

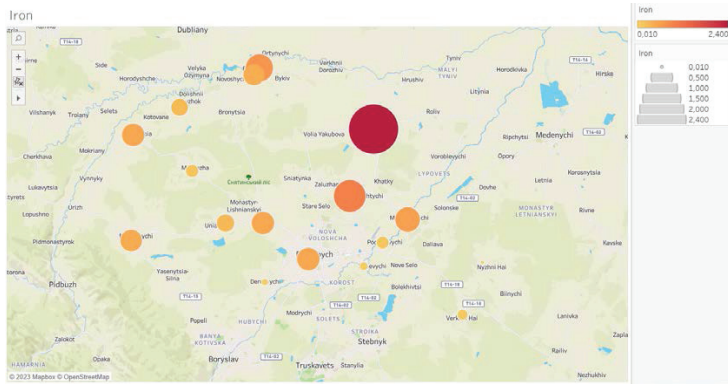


Fig. 7. Map of iron content

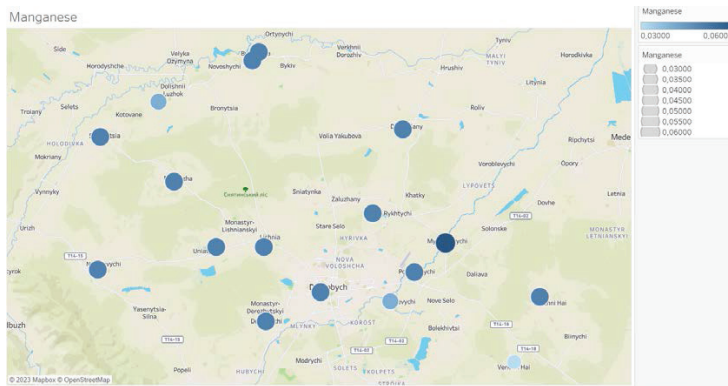


Fig. 8. Map of manganese content

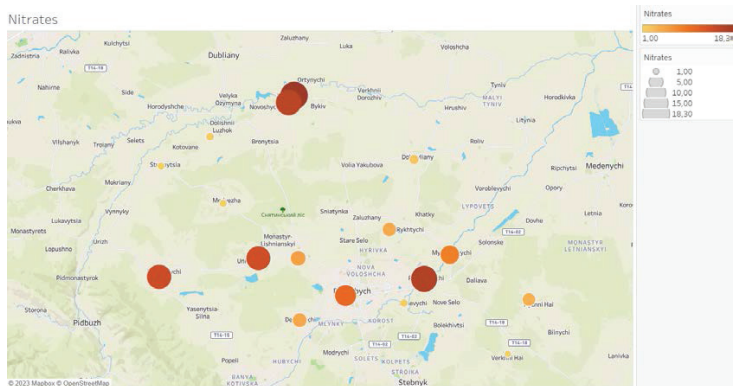


Fig. 9. Map of nitrates content

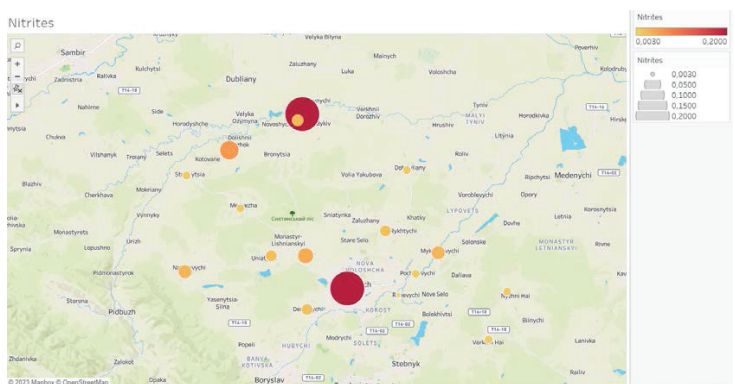


Fig. 10. Map of nitrites content

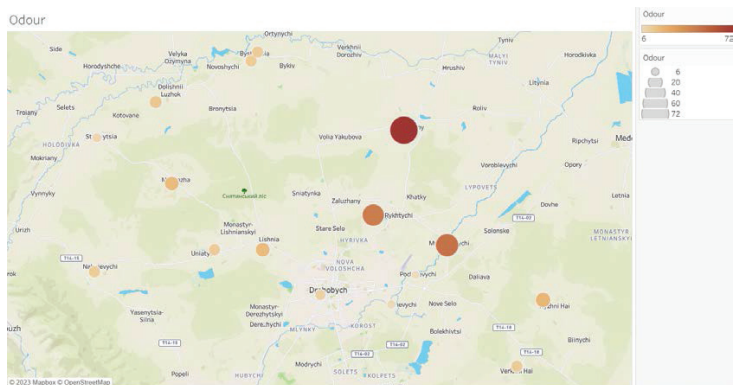


Fig. 11. Map of odor in studied area

Regarding the content of sulfate ions in water, the territory of the studied area is divided into two parts (Fig. 12). The highest values of this indicator are observed for the northwestern part. Further, the value of the sulfate content decreases towards the southeast. In the southeastern part of the district, the content of sulfates is the lowest. A similar pattern is

observed for general mineralization (Fig. 13). In the direction of movement from the north-west to the south-east, the value of this indicator also decreases and reaches the minimum value in the south-eastern part of the district.

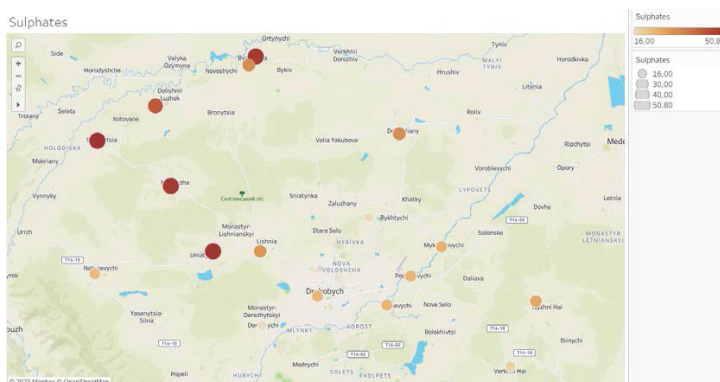


Fig. 12. Map of sulfates content

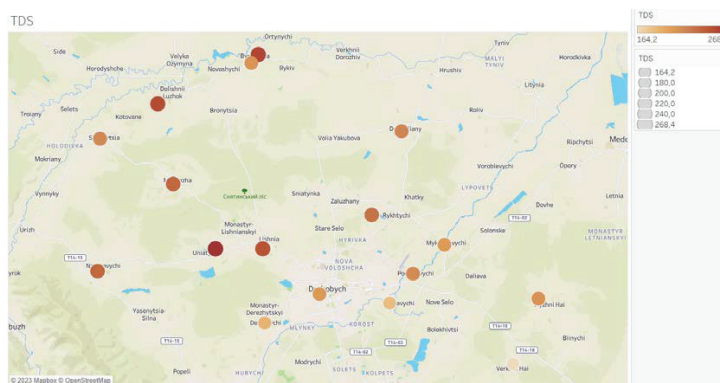


Fig. 13. Map of TDS in studied area

Regarding the content of sulfate ions in water, the territory of the studied area is divided into two parts (Fig. 12). The highest values of this indicator are observed for the northwestern part. Further, the value of the sulfate content decreases towards the southeast. In the southeastern part of the district, the content of sulfates is the lowest. A similar pattern is observed for total mineralization (Fig. 13). In the direction of movement from the north-west to the south-east, the value of this indicator also decreases and reaches the minimum value in the south-eastern part of the district.

Thus, the spatial analysis shows that the investigated indicators can be divided into two groups - those that depend on the place of sampling, and those that do not. Parameters of manganese content, smell, pH, nitrite and iron content. They do not depend on the place of sampling. For the rest of the parameters, the results of the analysis are influenced by the place where the sample was taken. For these indicators, it can be concluded that the highest indicators of quality and water are characteristic of the southeastern part of the district. It is in

this part that the lowest content of nitrates, chlorides, and sulfates, as well as the lowest total mineralization and turbidity, is recorded in water samples.

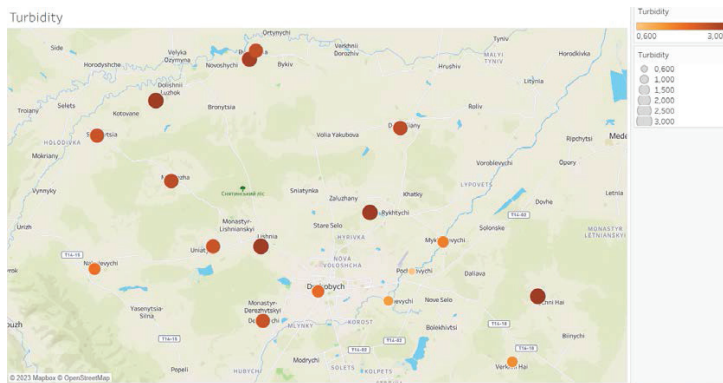


Fig. 14. Map of turbidity in studied area

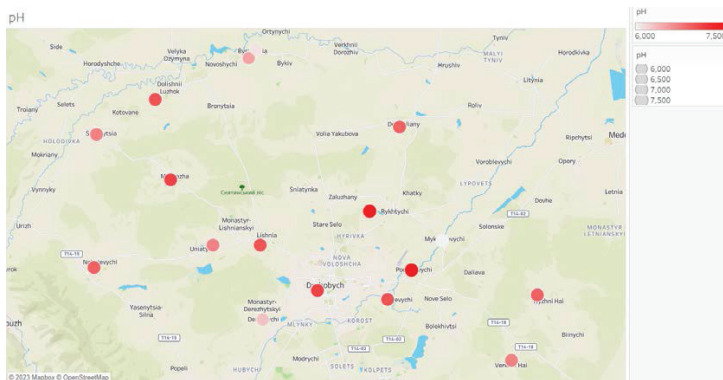


Fig. 15. Map of pH in studied area

CONCLUSIONS

Decentralized water supply sources continue to be an additional, and in some regions, the main source of water supply. Their monitoring is important not only from the point of view of water supply security, but also as a source of information about water quality in the region. In addition to the typical chemical analysis of water, the monitoring methodology can be accompanied by the use of spatial analysis. Both geographic information systems and a number of applied software products can be used to solve spatial data analysis tasks. The carried out spatial analysis of water quality indicators in the Drohobych district made it possible to create a number of maps for water quality assessment. The conducted analysis showed that the quality parameters were divided into two groups - parameters that depend and do not depend on the place of sampling for analysis. According to the water quality indicators, which depend on the place of

sampling, it was possible to establish that the water in the south-eastern part of the Drohobych district has the best quality indicators. In the rest of the territory, the water may have a higher content of pollutants. The conducted analysis can be used to create a monitoring system, as well as to analyze the impact of environmental factors and human economic activity on water quality.

REFERENCES

1. Benenson I. (2011). Geospatial analysis and visualization: keeping pace with the data explosion. *Comput Environ Urban Syst* 35:91–92
2. Boroomandnia, A., Bozorg-Haddad, O., Pradhan, B., & Datta, A. (2021). GIS Application in Water Resource Management. In O. Bozorg-Haddad (Ed.), *Essential Tools for Water Resources Analysis, Planning, and Management* pp. 125-152
3. Department of Ecology and Natural Resources of the Lviv Regional Administration. Retrieved from: <http://www.ecology.lviv.ua> (accessed date 25.05.2023)
4. DSTU 7525:2014 Drinking water. Requirements and methods of quality control (in Ukrainian)
5. Ecological mapping and the basics of GIS technologies. Education guide / A.P. Bagmet, S.G. Gerasimov, O.V. Pshoniak Zhytomyr: Publishing House "Zhytomyr National Agroecological University", 2010. 256 p.
6. Geoinformation technologies in ecology. I.V. Pitak, A.A. Negadailov, I.H. Masikevych and others. Sumy: Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine, 2012.
7. Geospatial Technology: Application in Water Resources Management; Oulidi, H.J., Fadil, A., Semane, N.E., Eds.; *Advances in science, technology & innovation (ASTI) IEREK Interdisciplinary series for sustainable development*; Springer: Cham, Switzerland, 2020.
8. Goldmajer J. (2021). *Advanced Excel Essentials*. Apress Berkeley, CA
9. Interactive map of drinking water quality Retrieved from: <https://magneticnemt.com/m1gis-interaktivna-karta-yakosti-pitnoyi-vodi/>
10. Jarvis P., Fawell J. (2021). Lead in drinking water – An ongoing public health concern? *Curr Opin Environ Sci Health*, 20:100239.
11. Jones B. (2014). *Communicating data with Tableau*. O'Reilly Media, Sebastopol Law M, Collins A (2015). *Getting to know ArcGIS for desktop*, 4th edn. ESRI Press, Redlands
12. Leigh N.G., Lee H. (2019). Sustainable and resilient urban water systems: the role of decentralization and planning. *Sustainability*, 11:918.
13. Morozov V.V. (2006). *GIS in water and land resources management [Text]: Education. manual / V.V. Morozov; Kherson State University. - Kherson: KSU Publishing House. 91 p.*
14. Murray A. (2021). *Advanced Excel Success. A Practical Guide to Mastering Excel*. Apress Berkeley, CA
15. National reports on the state of the natural environment in Ukraine: [electronic resource]. Retrieved from: <http://www.nature.org.ua/>
16. Peck G. (2014). *Tableau 8 the official guide*. McGraw-Hill Education, New York
17. Regional report on the state of the environment in the Lviv region in 2020. Retrieved from: <https://drive.google.com/file/d/1g1KQADR> (accessed date 25.05.2023) (in Ukrainian)
18. Semchuk Y.S., Yascholt A.R. (2013). Geostatistical analysis of groundwater pollution based on the data of well water quality observations in the region. / *Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute*. No. 3, pp. 17-21.
19. Szewrański, S., Kazak, J., Sylla, M., Świąder, M. (2017). Spatial Data Analysis with the Use of ArcGIS and Tableau Systems. In: Ivan, I., Singleton, A., Horák, J., Inspektor, T. (eds) *The Rise of Big Spatial Data. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45123-7_24

20. Tonny J. Oyana, Florence Margai (2015). Spatial Analysis: Statistics, Visualization, and Computational Methods/ CRC Press, Boca Ralton
21. Using ArcGIS Geostatistical Analyst / [Johnston K., Ver Hoef J., Krivoruchko K., Lucas N.]. USA : ESRI, 2003. 306 p.

АНОТАЦІЯ

ПРОСТРОВА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ У ДРОГОБИЦЬКОМУ РАЙОНІ

Джерела децентралізованого водопостачання продовжують посідати важливе місце забезпеченні водою цілого ряду регіонів. Попри те, що централізоване водопостачання є надійнішим, децентралізоване водопостачання можна розглядати як резерв. Крім того, інформація про якість води джерел децентралізованого водопостачання дозволяє додатково оцінити стан водних ресурсів у регіоні.

Моніторингові дослідження якості води зазвичай передбачають відбір проб, їх хімічний аналіз та формування бази даних про якість води. Разом з тим у практику починає впроваджуватися просторовий аналіз розташування джерел забруднення або джерел з чистою водою. Такий аналіз дозволяє виявити райони забруднень, визначити вплив факторів довкілля та антропогенних факторів на якість води. Просторовий аналіз передбачає використання геоінформаційних (ГІС) та складання електронних та інтерактивних карт. Допоміжними інструментами для просторового аналізу можуть служити інші програмні продукти, наприклад Excel або Tableau. У них можуть створюватися файли даних, а нові можливості цих додатків дозволяють також створювати тематичні карти.

Об'єктом проведеного дослідження були води джерел децентралізованого водопостачання у Дрогобицькому районі. До водних ресурсів на території входять притоки Дністра, ряд водосховищ, вода підземних джерел. Водопостачання міст району здійснюється за рахунок джерел централізованого водопостачання, у той час, як у сільській місцевості використовуються також джерела децентралізованого водопостачання. Для дослідження було відібрано проби води у 17 населених пунктах району. Аналізувалися 13 показників якості води. Дані аналізу прив'язувалися до координат населеного пункту, у якому відбиралися проби води. На основі отриманих даних складися електронні карти.

Проведений аналіз показників якості води показав, що умовно їх можна розділити на дві групи. До першої групи належать показники, що не залежать від місця відбору проби та є практично однаковими для всіх населених пунктів. Це рН, запах, вміст нітритів, магнію. Другу групу складають показники, що відрізняються залежно від місця відбору проби. До таких належать вміст хлоридів та сульфатів, вміст заліза, загальна твердість, вміст фторидів та нітратів. Значення цих показників є найменшим для об'єктів дослідження, розташованих у південно-східній частині району. Таким чином, можна зробити висновок, що саме у південно-східній частині району вода джерел децентралізованого водопостачання характеризується найвищими показниками якості. Слід зазначити, що у всіх досліджуваних пробах показники якості не перевищували допустимого значення, проте саме у південно-східній частині району якість води є найвищою. Виконання просторового аналізу є додатковим інструментом моніторингу якості води. З його допомогою можна складати інтерактивні карти, оцінювати вплив факторів на якість води, розробляти управлінські рішення у межах району.

Ключові слова: Дрогобицький район, моніторинг, якість води, просторовий аналіз.

Ілона Василівна Ковальова,

здобувачка PhD зі спеціальності 101 «Екологія»

Рівненський державний гуманітарний університет, Україна

orcid.org/0000-0001-6720-0419, e-mail: ilonabasaraba@gmail.com

ЗМІНИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ У ГІДРОЕКОСИСТЕМАХ РІЗНОГО ТИПУ

Анотація. Хімічний склад гідроєкосистем постійно змінюються внаслідок зовнішніх (антропогенез, кліматичні зміни, військові дії) та внутрішніх (внутрішньоводоймні процеси) впливів. Найбільш поширеними забруднювачами, що надходять до водойм з поверхневим стоком із забудованих і промислових територій, з атмосферними опадами, внаслідок вивітрювання, використання добрив та синтетичних мийних засобів, захоронення відходів, є сульфати, хлориди та фосфати. Мета дослідження – визначення зміни хімічного складу води у гідроєкосистемах різного типу (річка, водосховище, кар'єр та озеро). У статті досліджено сезонні зміни вмісту сульфатів, хлоридів та фосфатів у гідроєкосистемах різного типу та наведено основні джерела їхнього надходження. Наведено вміст сульфатів у воді р. Стубелка (38,4–77,8 мг/дм³), Хрінницькому водосховищі (40,3–71,1 мг/дм³), оз. Засвітське 40,3–67,2 мг/дм³) та Морозівського кар'єру (50,0–69,2 мг/дм³). Крім антропогенних чинників, сульфати надходять у водойми внаслідок відмирання біоти та процесів окиснення речовин рослинного та тваринного походження. Зафіксовано зміни концентрації хлоридів у воді р. Стубелка (14,9–28,4 мг/дм³), Хрінницького водосховища (14,9–20,6 мг/дм³), оз. Засвітське (3,54– 21,1 мг/дм³), Морозівського кар'єру (7,09–39,0 мг/дм³). Найвищі концентрації фосфатів виявлено у воді р. Стубелка (0,058–0,117 мгР/дм³) та Хрінницького водосховища (0,030–0,094 мгР/дм³, а найнижчі – у воді оз. Засвітське (0,007–0,024 мгР/дм³) та Морозівського кар'єру (0,005–0,022 мгР/дм³). Визначено, що вміст сульфатів, хлоридів та фосфатів у воді всіх водних об'єктів не перевищує допустимі значення впродовж усього періоду дослідження. Показано, що вміст досліджених сполук у водних об'єктах змінюється таким чином: SO₄²⁻ – кар'єр > озеро > річка > водосховище; Cl⁻ – кар'єр > річка > водосховище > озеро; PO₄³⁻ – річка > водосховище > кар'єр > озеро.

Ключові слова: евтрофікація, річка, водосховище, кар'єр, озеро, фосфати, сульфати, хлориди.

ВСТУП

Стан водних екосистем та якість води в них визначають за різними критеріями, шкалами та показниками. Насамперед акцентується увага на тих сполуках та речовинах, що порушують екологічну стійкість водойм чи призводять до їхньої деградації. Забруднювачі потрапляють до водойми з промисловими та побутовими водами, внаслідок використання добрив, пестицидів у сільському господарстві, розливів під час видобутку, транспортування, зберігання нафти і нафтопродуктів тощо. Проте їхній вплив на водні екосистеми суттєво залежить від інтенсивності надходження, кліматичних умов, розмірів та стану об'єкта, площі водозбору, а також самоочисної спроможності. Безумовно, швидкість очищення водойми від багатьох забруднювачів визначається розвитком фітопланктону та вищої водної рослинності. Однак після завершення вегетаційного періоду частина речовин, поглинутих біотою, може надходити до водойми та викликати її вторинне забруднення.

Тим не менше саме біота підтримує стійкість водної екосистеми та впливає на її хімічний склад. До важливих показників хімічного складу води відносять сульфати, хлориди та фосфати, які часто використовують для оцінювання екологічного стану водойми. Високі концентрації зазначених сполук зазвичай негативно впливають на водні організми (рибу, безхребетних), знижують процеси життєдіяльності і розмноження, а також сприяють евтрофікації водойм та відповідно різкому зростанню кількісних, якісних показників водоростей і вищих водних рослин. Проте за оптимальних концентрацій сульфати, хлориди та фосфати позитивно впливають на розвиток біоти та водну екосистему загалом.

Мета дослідження – визначення зміни хімічного складу води у гідроекосистемах різного типу (річка, водосховище, кар'єр та озеро).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для проведення гідрохімічного аналізу проби води відбирали щомісяця впродовж червня–листопада 2022 р. у водних екосистемах різного типу (річка Стубелка – 50°28'12.4"N 25°58'03.9"E, Хрінницьке водосховище – 50°27'58.6"N 25°11'49.9"E, озеро Засвітське – 51°52'35.0"N 25°44'10.1"E, Морозівський кар'єр – 50°39'13.6"N 27°09'45.3"E) (рис. 1).

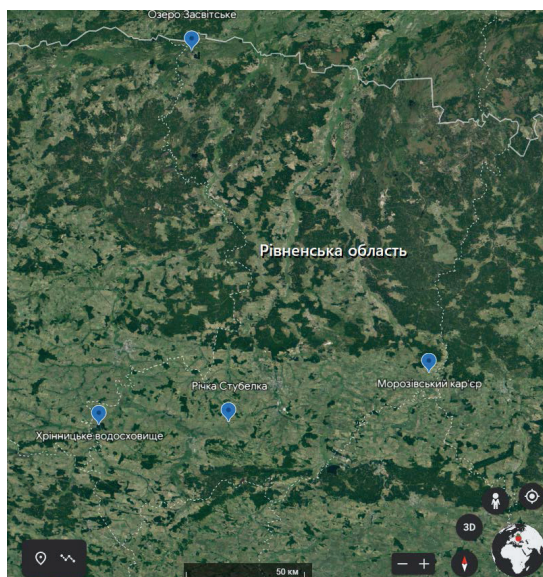


Рис. 1. Карта-схема розміщення об'єктів дослідження

Концентрацію сульфат-іонів визначали фотометричним методом з використанням розчину хлориду барію у суміші етиленгліколю та етанолу за довжини хвилі 300 нм. Визначення фосфатів здійснювали в реакції з амонію молібдатом та олова хлоридом за довжини хвилі 590 нм. Вміст хлоридів визначали титриметричним методом, що передбачає осадження хлорид-іонів розчином аргентум нітрату (AgNO_3) за присутності дихромату калію ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) як індикатора [2].

РЕЗУЛЬТАТИ

Сульфати – найбільш поширені аніони водних екосистем. За відсутності антропогенних джерел надходження концентрація сульфатів у воді становить близько 25–30 мг/дм³. Важливими джерелами зростання вмісту сульфатів у гідроекосистемах вважають процеси відмирання біоти, окиснення речовин та підземний стік [1]. Результати дослідження вмісту сульфатів у воді гідроекосистем різного типу наведені на рисунку 2.

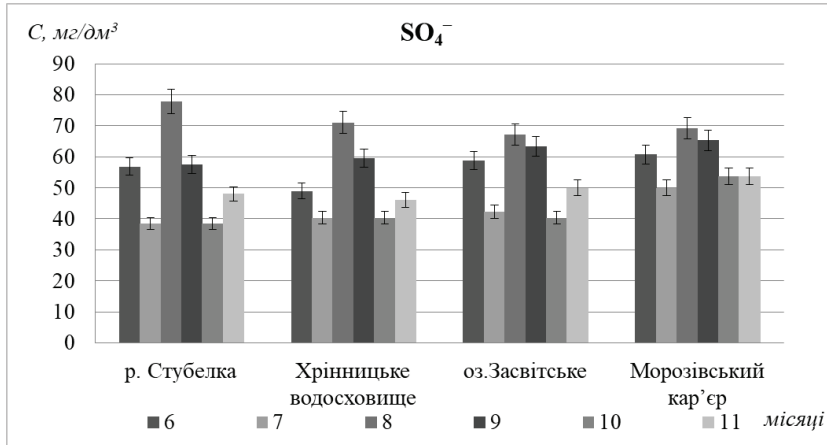


Рис. 2. Зміни вмісту сульфатів у воді гідроекосистем різного типу

Концентрація сульфатів у воді р. Стубелка змінюється від 38,4 мг/дм³ (липень, жовтень) до 77,8 мг/дм³ (серпень), що перебуває в межах гранично допустимих концентрацій (ГДКрибгосп.=300 мг/дм³). Аналогічні закономірності максимальних та мінімальних значень зафіксовано у Хрінницькому водосховищі. Зокрема, вміст сульфатів варіює від 40,3 мг/дм³ (липень, жовтень) до 71,1 мг/дм³ (серпень). У оз. Засвітське максимальний вміст сульфатів становить 67,2 мг/дм³ (серпень), а мінімальний – 40,3 мг/дм³ (жовтень). Концентрація сульфатів у воді Морозівського кар'єру змінюється від 50,0 мг/дм³ (липень) до 69,2 мг/дм³ (серпень).

Загалом найвищі концентрації сульфатів у воді всіх водних екосистем зафіксовано у серпні, а найнижчі – у липні та жовтні. Вміст сульфатів у водних об'єктах змінюється таким чином: кар'єр > озеро > річка > водосховище.

Зміни концентрації хлоридів у воді гідроекосистем різного типу наведено на рисунку 3.

Концентрація хлоридів у воді р. Стубелка змінюється від 14,9 мг/дм³ (вересень) до 28,4 мг/дм³ (червень). Вміст хлоридів у воді Хрінницького водосховища варіює від 14,9 мг/дм³ (листопад) до 20,6 мг/дм³ (серпень, жовтень). Мінімальна концентрація хлоридів у воді оз. Засвітське становить 3,54 мг/дм³ (вересень, жовтень), а максимальна – 21,1 мг/дм³ (червень). Вміст хлоридів у воді Морозівського кар'єру змінюється від 7,09 мг/дм³ (червень) до 39,0 мг/дм³ (жовтень). Перевищень ГДК хлоридів у воді досліджених гідроекосистем не виявлено (ГДКрибгосп.=100 мг/дм³). Проте найчастіше хлориди

потрапляють у водойми зі стічними водами. Вміст хлоридів у водних об'єктах змінюється таким чином: кар'єр > річка > водосховище > озеро.

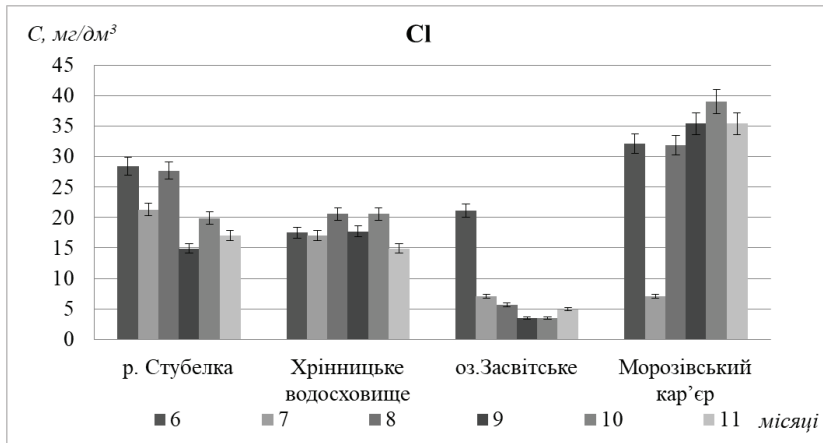


Рис. 3. Зміни вмісту хлоридів у воді гідроекосистем різного типу

Велике значення для існування біоти та гідроекосистеми загалом мають фосфати. За оптимальних концентрацій фосфати забезпечують продуктивність екосистем та регулюють видове багатство гідробіонтів тощо. Перевищення допустимих значень фосфатів призводить до зміни рівня трофності, розвитку видів, що виділяють шкідливі для інших гідробіонтів метаболіти та ще більше погіршують якість води. Вміст фосфатів зазнає сезонних змін, що залежить як від шляхів потрапляння (вивітрювання і розчинення порід, що містять ортофосфати, використання фосфорних добрив, мийних засобів), так і розвитку біоти (процеси життєдіяльності та відмирання). Найбільшими джерелами антропогенного надходження фосфатів вважають сільськогосподарські стоки, скиди стічних вод з очисних споруд та промислових об'єктів [3; 4; 5].

Концентрація фосфатів у воді гідроекосистем різних типів наведена на рисунку 4.

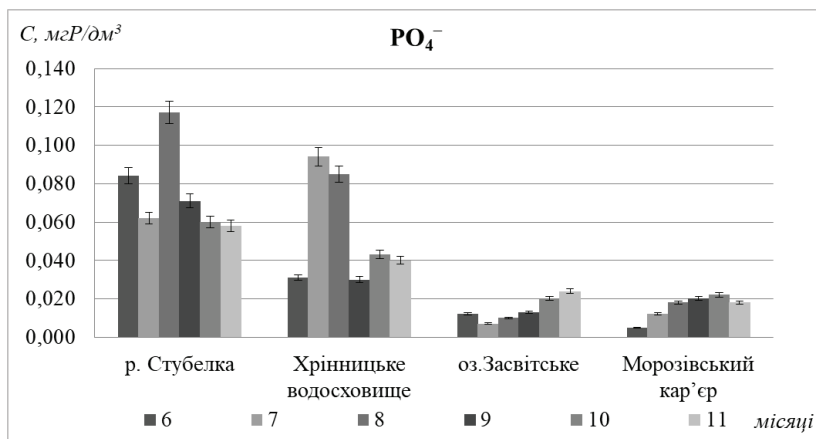


Рис. 4. Зміни вмісту фосфатів у воді гідроекосистем різного типу

Вміст фосфатів у воді р. Стубелка варіює від 0,058 мгР/дм³ (листопад) до 0,117 мгР/дм³ (серпень). Концентрація фосфатів у воді Хрінницького водосховища змінюється від 0,030 мгР/дм³ (вересень) до 0,094 мгР/дм³ (липень). Найнижчі концентрації фосфатів у воді оз. Засвітське становлять 0,007 мгР/дм³ (липень), а найвищі – 0,024 мгР/дм³ (листопад). Вміст фосфатів у воді Морозівського кар'єру змінюється від 0,005 мгР/дм³ (червень) до 0,022 мгР/дм³ (жовтень).

Влітку концентрація фосфору у воді оз. Засвітське та Морозівського кар'єру найнижча, що пов'язано з його інтенсивним поглинанням фітопланктоном та вищими водними рослинами. У воді р. Стубелка та Хрінницького водосховища концентрація фосфору, навпаки, зростає влітку, що, ймовірно, зумовлене пришвидшенням процесів вивільнення органічної речовини із донних відкладів. Восени вміст фосфатів знижується у воді р. Стубелка та Хрінницького водосховища внаслідок поглинання біотою та поступового осадження у донні відклади, однак підвищується у воді оз. Засвітське та Морозівського кар'єру.

Варто зазначити, що вміст фосфору у воді р. Стубелка найвищий з усіх водних об'єктів, що зумовлено його активним надходженням із поверхневим стоком. Крім того, підвищення вмісту фосфору у воді зумовлене сповільненням процесів його поглинання біотою та вивільненням внаслідок відмирання гідробіонтів. Загалом концентрація фосфору у воді р. Стубелка вища ніж у Хрінницькому водосховищі (у 1,4 раза), у оз. Засвітське (у 5,3 раза) та у Морозівському кар'єрі (у 4,8 раза). Вміст фосфатів у водних об'єктах змінюється таким чином: річка > водосховище > кар'єр > озеро.

ВИСНОВКИ

Концентрації сульфатів, хлоридів та фосфатів у воді всіх досліджених водних об'єктів перебуває в межах допустимих значень. Найменший вміст хлоридів та фосфатів виявлено у оз. Засвітське, а сульфатів у Хрінницькому водосховищі. Найвищі концентрації сульфатів та хлоридів зафіксовано у Морозівському кар'єрі, а фосфатів у р. Стубелка. Загалом вміст досліджених сполук у водних об'єктах змінюється таким чином: SO_4^{2-} – кар'єр > озеро > річка > водосховище; Cl^- – кар'єр > річка > водосховище > озеро; PO_4^{3-} – річка > водосховище > кар'єр > озеро. Вміст сульфатів, хлоридів та фосфатів у воді гідроекосистем залежить від рівня антропогенного навантаження, джерел потрапляння та специфічних особливостей об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клименко В.Г., Петрова Н.В. Оцінка якості води р. Харків. Харків : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2011. 58 с.
2. Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Київ : Наукова думка, 2007. 456 с.
3. Mohan D., Sarswat A., Ok Y.S., Pittman Jr. C.U. Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent – a critical review. *Bioresour. Technol.* 2014. 160, P. 191–202. DOI: 10.1016/j.biortech.2014.01.120.
4. Owens P.N., Walling D.E. The phosphorus content of fluvial sediment in rural and industrialized river basins. *Water research*, 2002. 36(3), P. 685–701.

5. Yan Z., Wu L., Lv T., Tong C., Gao Z., Liu Y., ... & Yu D. Response of spatio-temporal changes in sediment phosphorus fractions to vegetation restoration in the degraded river-lake ecotone. *Environmental Pollution*, 2022. 308, 119650. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119650.

REFERENCES

1. Klymenko, V.H., Petrova, N.V. (2011). Otsinka yakosti vody r. Kharkiv. Kharkiv: KhNU imeni V. N. Karazina [in Ukrainian].
2. Nabyvanets, B.I., Osadchyi, V.I., Osadcha, N.M., Nabyvanets, Yu.B. (2007). Analitichna khimiia poverkhnevykh vod. Ukrainskyi naukovo-doslidnyi hidrometeorolohichniy instytut. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
3. Mohan, D., Sarswat, A., Ok, Y.S., Pittman Jr., C.U. (2014). Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent – a critical review. *Bioresour. Technol.* 160, 191–202. DOI: 10.1016/j.biortech.2014.01.120 [in English].
4. Owens, P.N., & Walling, D.E. (2002). The phosphorus content of fluvial sediment in rural and industrialized river basins. *Water research*, 36(3), 685–701 [in English].
5. Yan, Z., Wu, L., Lv, T., Tong, C., Gao, Z., Liu, Y., ... & Yu, D. (2022). Response of spatio-temporal changes in sediment phosphorus fractions to vegetation restoration in the degraded river-lake ecotone. *Environmental Pollution*, 308, 119650. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119650 [in English].

ABSTRACT

CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER IN DIFFERENT TYPES OF HYDROECOSYSTEMS

The chemical composition of hydroecosystems is constantly changing as a result of external (anthropogenesis, climate changes, military operations) and internal (intra-water catchment processes) influences. The most common pollutants entering water bodies with surface runoff from built-up and industrial areas, with atmospheric precipitation, as a result of weathering, the use of fertilizers and synthetic detergents, and waste disposal, are sulfates, chlorides, and phosphates. The purpose of the study is to determine changes in the chemical composition of water in hydroecosystems of various types. The article examines seasonal changes in the content of sulfates, chlorides, and phosphates in hydroecosystems of various types and provides the main sources of their supply. The content of sulfates in the water of the Stubelka River (38.4–77.8 mg/dm³), Khrinnytsky Reservoir (40.3–71.1 mg/dm³), Lake Zasvitske 40.3–67.2 mg/dm³ and Morozivskyi quarry (50.0–69.2 mg/dm³). In addition to anthropogenic factors, sulfates enter reservoirs as a result of the death of biota and oxidation processes of substances of plant and animal origin. Changes in the concentration of chlorides in the water of the Stubelka River (14.9–28.4 mg/dm³), Khrinnytsky Reservoir (14.9–20.6 mg/dm³), Lake Zasvitske (3.54–21.1 mg/dm³), Morozivskyi quarry (7.09–39.0 mg/dm³) have been fixed. The highest concentrations of phosphates were found in the water of the Stubelka River (0.058–0.117 mgP/dm³) and the Khrinnytsky Reservoir (0.030–0.094 mgP/dm³), and the lowest – in the water of Lake Zasvitske (0.007–0.024 mgP/dm³) and the Morozivskyi Quarry (0.005–0.022 mgP/dm³). It was found that the content of sulfates, chlorides and phosphates in the water of all water bodies does not exceed the permissible values throughout the entire period of the study. It is shown that the content of the studied compounds in water bodies changes as follows: SO₄²⁻ – quarry > lake > river > reservoir; Cl⁻ – quarry > river > reservoir > lake; PO₄³⁻ – river > reservoir > quarry > lake.

Key words: eutrophication, triver, reservoir, quarry, lake, phosphates, sulfates, chlorides.

Олександр Ігорович Поліщук,

аспірант кафедри екології

Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна

orcid.org/0000-0002-1921-7117, Scopus Author ID: 57474695000, e-mail: alex1994pol@gmail.com

Назар Богданович Жигаль,

аспірант кафедри екології

Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна

e-mail: zhygalnazar@gmail.com

Галина Леонідівна Антоняк,

доктор біологічних наук, професор, професор кафедри екології

Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна

orcid.org/0000-0002-1640-737X, Scopus Author ID: 6603150754, Researcher ID: I-6308-2015, e-mail: halyna.antonyak@lnu.edu.ua

ДИНАМІКА КОНЦЕНТРАЦІЇ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛЬВОВА

Анотація. Різні види транспорту спричиняють надходження в компоненти довкілля політантів, які шкідливо впливають на функціонування біоти в міських екосистемах. Однак метаболічні зміни в рослинах, які ростуть на території міст, з'ясовані недостатньо мірою. Метою роботи було з'ясувати динаміку концентрації хлорофілу в листках деревних рослин (*Acer platanoides* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Tilia cordata* Mill.), зібраних на ділянках з високим рівнем транспортного навантаження. Для досліджень вибрали чотири дослідні ділянки (Д1–Д4) з інтенсивним рухом автомобільного та залізничного транспорту на території міста Львова. Як контроль використовували рослинний матеріал, зібраний на території міських парків. Підготовку рослинного матеріалу до аналізу, дослідження загальної концентрації хлорофілу та хлорофілу *a*- і *b*-типу здійснювали загальноприйнятими методами. Отримані результати опрацьовували методами варіаційної статистики. У процесі досліджень встановлено, що в листках всіх трьох досліджуваних видів рослин, зібраних на ділянках Д1–Д4, відбувається вірогідне зменшення загальної концентрації хлорофілу і концентрації хлорофілу *a*-типу порівняно з цими показниками в рослинах, зібраних на території парків. Крім того, в листках *A. hippocastanum*, зібраних на двох із чотирьох дослідних ділянок, виявлено вірогідне зменшення концентрації хлорофілу *b*-типу порівняно з контролем. Отримані дані свідчать про пригнічення процесу фотосинтезу в клітинах рослин, які ростуть у районах із транспортним навантаженням, та неоднакову стійкість фотосинтетичного апарату різних видів деревних рослин до забруднення довкілля, спричиненого рухом автомобільного і залізничного транспорту. Водночас отримані результати вказують на перспективність використання рослин *A. platanoides*, *A. hippocastanum* і *T. cordata* в біомоніторингових дослідженнях з метою з'ясування екологічного стану міських територій.

Ключові слова: деревні рослини, фотосинтез, хлорофіл, міські екосистеми, транспортне навантаження, біомоніторинг, фітоіндикація

ВСТУП

На екологічний стан компонентів навколишнього середовища у містах впливають різноманітні антропогенні чинники, пов'язані з індустріальним розвитком та урбанізацією. Діяльність промислових підприємств і теплових електростанцій, різні види транспорту, невідповідне поводження з відходами спричиняють погіршення якості атмосферного повітря, хімічне забруднення ґрунту і водного середовища [1–4]. Важливе джерело забруднення довкілля – автомобільний транспорт, на який припадає основна частка забруднювальних речовин, які надходять в атмосферу сучасних міст [4]. До забрудників, які надходять в атмосферне повітря внаслідок діяльності автотранспорту, належать карбон оксиди (CO_2 , CO), нітроген оксиди (NO_2 , NO), сульфур діоксид (SO_2), поліциклічні ароматичні вуглеводні, важкі метали та інші речовини [4, 5–7]. Залізничний транспорт, який є важливим видом міжміського, міжрегіонального й міждержавного сполучення, також спричиняє забруднення довкілля на прилеглих територіях [8–10]. Більшість поллютантів, які надходять у навколишнє середовище через діяльність автомобільного та залізничного транспорту, виявляють шкідливий вплив на здоров'я міських жителів [11–13]. Тому важливе значення має моніторинг екологічного стану довкілля у містах та розробка заходів для зменшення впливу антропогенного навантаження на компоненти міських екосистем.

В системі екологічного моніторингу важливе значення має метод фітоіндикації з використанням рослин, які населяють міські екосистеми. Фітоіндикація передбачає дослідження змін у морфологічних ознаках, фізіологічних і біохімічних процесах під час взаємодії рослин з навколишнім середовищем [14, 15]. Вивчення метаболічних змін в клітинах рослин-фітоіндикаторів дає змогу з'ясувати рівень забруднення навколишнього середовища [16, 17].

До найважливіших метаболічних процесів у рослинах належить фотосинтез, в якому задіяні світлочутливі пігменти, насамперед зелений фотосинтетичний пігмент хлорофіл [18, 19]. Відомі декілька типів хлорофілу; у вищих рослинах синтезується хлорофіл *a*- і *b*-типу, які доповнюють один одного у поглинанні світла [20]. Процес фотосинтезу в рослинах чутливий до дії природних екологічних чинників (інтенсивність освітлення, температура, водний режим), складу атмосферного повітря і ґрунту [18, 21–23]. За інтенсивністю цього процесу та вмістом хлорофілу в листках рослин можна оцінити екологічний стан міських територій, зокрема, рівень забруднення навколишнього середовища антропогенними поллютантами. Однак вплив забруднення довкілля на вміст хлорофілу в рослинах, які ростуть у районах міст, що зазнають транспортного навантаження, з'ясований недостатньою мірою. Метою роботи було з'ясувати зміни концентрації хлорофілу в листках деревних рослин за умов росту на ділянках з високим рівнем транспортного навантаження на території міста Львова.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Територія досліджень. Дослідження проводили на території м. Львова, яке належить до найбільших промислових центрів у західній частині України. Місту властива наявність розвиненої транспортної інфраструктури, зокрема, автомобільних доріг і залізничних колій. Упродовж останніх років на території міста значно побільшала

кількість приватних автомобілів і засобів громадського транспорту, що призвело до збільшення обсягу викидів шкідливих речовин в атмосферу [7].

З метою відбирання проб рослинного матеріалу обрали чотири дослідні ділянки (Д1–Д4), для яких характерний високий рівень транспортного навантаження. Ділянка Д1, розміщена на території вул. Луганської, зазнає впливу автомобільного та залізничного транспорту; ділянки Д2 і Д3 (відповідно, на території вулиць Стрийської і Пасічної) зазнають автотранспортного навантаження; ділянка Д4, розміщена на території мікрорайону Левандівка, зазнає впливу залізничного транспорту. Інтенсивність руху автотранспорту на ділянках Д2 і Д3 становить 700–1200 транспортних засобів за 1 годину [2].

Як контроль (К) використовували рослинний матеріал, зібраний на ділянках трьох міських парків (Стрийський парк, Скнилівський парк і парк імені Івана Франка), які не зазнають впливу викидів автомобільного транспорту. З цією метою об'єднували і опрацьовували результати досліджень зразків, зібраних у кожному з парків.

Відбирання проб рослинного матеріалу та визначення вмісту хлорофілу. Дослідження проводили впродовж літнього періоду 2022 р. Проби рослинного матеріалу (листки) відбирали з трьох видів деревних рослин, розповсюджених на території міста, а саме: *Acer platanoides* L. (клен звичайний, або платаноподібний), *Aesculus hippocastanum* L. (гіркокаштан звичайний) і *Tilia cordata* Mill. (липа дрібнолиста, або серцелиста). Листки середнього розміру збирали з доступної частини крони; підготовку рослинного матеріалу до досліджень здійснювали в лабораторії згідно з загальноприйнятими методами. З центральних частин свіжих листових пластинок вирізали шматочки листя, подрібнювали та екстрагували 96 %-ним етанолом у темряві. Після фільтрування суміші визначали концентрацію хлорофілів *a* і *b* та загальний вміст хлорофілу методом Н. К. Lichtenthaler, A. R. Wellburn (1983) [24]. Оптичну густину розчинів пігментів вимірювали на спектрофотометрі ULAB-102 (Китай) при 649 і 665 нм. Концентрацію хлорофілу *a*- і *b*-типів розраховували за формулами 1 і 2 [24]:

$$C_{\text{Хл. } a} = 13.95A_{665} - 6.88A_{649} \quad (1),$$

$$C_{\text{Хл. } b} = 24.96A_{649} - 7.32A_{665} \quad (2),$$

де $C_{\text{Хл. } a}$ – концентрація хлорофілу *a*, $C_{\text{Хл. } b}$ – концентрація хлорофілу *b*, A_{649} і A_{665} – оптична густина розчинів пігментів, відповідно, при 649 і 665 нм.

Загальну концентрацію хлорофілу виражали як суму концентрацій хлорофілу *a* і хлорофілу *b*. Концентрацію пігментів перераховували на 1 г сирої маси тканини листка. Визначення проводили в 3–5 повторях. Результати опрацьовували методами варіаційної статистики [25].

РЕЗУЛЬТАТИ

Результати досліджень свідчать про значні відмінності в концентрації хлорофілу в листках деревних рослин, зібраних на різних ділянках м. Львова. Найбільша загальна концентрація хлорофілу та його фракцій (хлорофіл *a* і хлорофіл *b*) виявляється в листках дерев, що ростуть на території міських парків (рис. 1–3). Значення досліджуваних показників у листках рослин, відібраних на ділянках паркової зони, які не зазнають впливу транспортного руху, приймали за контроль. В листках дерев, що ростуть на ділянках Д1–Д4, які підлягають впливу автомобільного та залізничного транспорту, загальна концентрація хлорофілу переважно менша порівняно з контролем

(рис. 1). Такі результати є свідченням того, що забрудники, які надходять у довкілля внаслідок транспортного навантаження, пригнічують функції фотосинтетичного апарату в рослинних клітинах. Однак зміни загальної концентрації хлорофілу неоднакові в листках досліджуваних видів рослин. Найвиразніші зміни виявляються в листках *A. hippocastanum*, в яких значення цього показника менші від контрольних в 1,5–2,1 разу ($p < 0,05–0,001$) на всіх чотирьох дослідних ділянках. В листках рослин *T. cordata* загальна концентрація хлорофілу зменшується порівняно з контролем в 1,2–1,5 разу ($p < 0,05$) на ділянках Д1–Д3. Натомість, в листках рослин *A. platanoides* вірогідне зменшення загальної концентрації хлорофілу виявляється лише на ділянках Д1 і Д3. Такі результати вказують на більшу стійкість фотосинтетичного апарату рослин *A. platanoides* до змін екологічного стану довкілля, зумовлених транспортним навантаженням, порівняно з двома іншими досліджуваними видами деревних рослин.

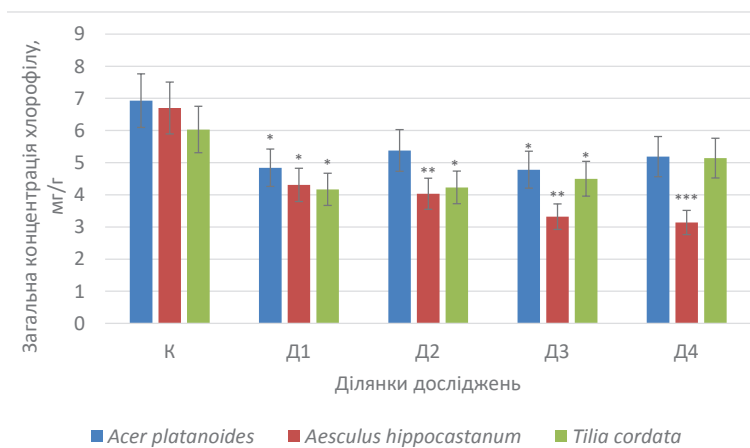


Рис. 1. Загальна концентрація хлорофілу в листках деревних рослин, зібраних на території м. Львова (на цьому та інших рисунках *, **, *** – вірогідність різниць у результатах досліджень рослинного матеріалу з дослідних ділянок порівняно з контролем: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$)

Загальна концентрація хлорофілу в листках рослин залежить від вмісту хлорофілу *a*- і *b*-типу – важливих компонентів фотосинтетичного апарату рослинних клітин [20]. Результати досліджень свідчать, що в листках рослин *A. hippocastanum*, які ростуть на ділянках з транспортним навантаженням Д1–Д4, концентрація хлорофілу *a*-типу менша в 1,6–2,25 разу ($p < 0,05–0,01$), ніж у листках рослин, які ростуть у парковій зоні (рис. 2). В листках *A. platanoides* концентрація хлорофілу *a* вірогідно менша від контролю на ділянках Д1 і Д3, що узгоджується з результатами щодо зменшення загальної концентрації хлорофілу в листках *A. platanoides*, зібраних на цих ділянках. В листках *T. cordata* вірогідне зменшення концентрації хлорофілу *a* порівняно з контролем виявлене на ділянках Д1 і Д2. Отримані результати свідчать про розвиток стресу в клітинах рослин, які ростуть на територіях із транспортним навантаженням, і узгоджуються з наявними в наукових джерелах даними про пригнічення синтезу хлорофілу в рослинах, які зазнають впливу інших стресогенних чинників [26, 27].

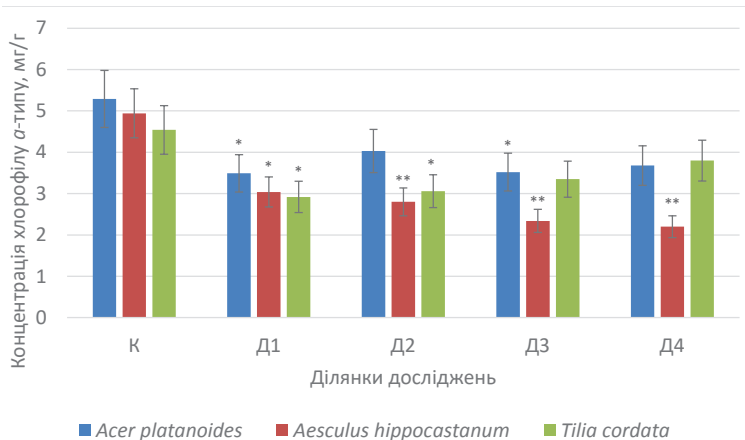


Рис. 2. Концентрація хлорофілу *a*-типу в листках деревних рослин, зібраних на території м. Львова

Результати досліджень концентрації хлорофілу *b*-типу свідчать, що цей показник загалом виявляє менш виразну динаміку до зменшення в листках рослин, які ростуть на дослідних ділянках, порівняно з контролем, ніж хлорофіл *a*-типу. Вірогідне зменшення вмісту хлорофілу *b* виявлене лише в листках рослин *A. hippocastanum*, зібраних на ділянках Д3 і Д4 (відповідно, в 1,8 і 1,9 разу, $p < 0,05$) (рис. 3). В листках двох інших видів деревних рослин (*A. platanoides* і *T. cordata*), попри тенденцію до зменшення концентрації хлорофілу *b* на ділянках Д1–Д4, вірогідних змін між зразками, відібраними на території парків і на дослідних ділянках, не виявлено.

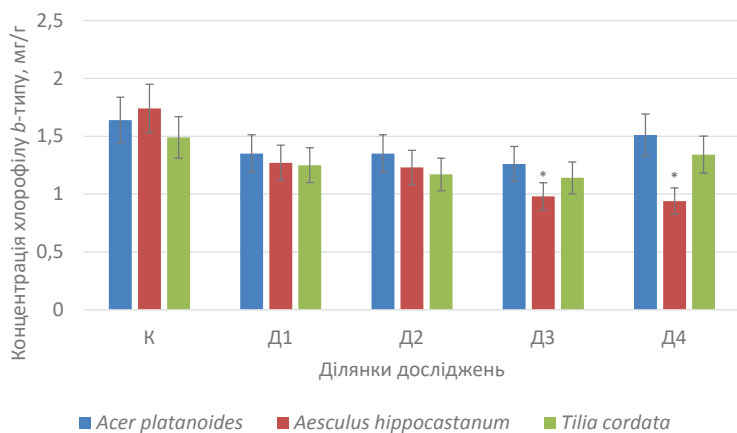


Рис. 3. Концентрація хлорофілу *b*-типу в листках деревних рослин, зібраних на території м. Львова

Аналіз співвідношення між концентрацією хлорофілу *a*- і *b*-типу в листках *A. hippocastanum* вказує на те, що цей показник значно нижчий в листках рослин, які

ростуть на ділянках із транспортним навантаженням (Д1–Д4), порівняно з рослинами, зібраними на території парків (рис. 4). Зокрема, показник співвідношення хлорофіл *a*/ хлорофіл *b* в листках *A. hippocastanum*, відібраних у парковій зоні, становив 2,8, а на ділянках Д1–Д4 цей показник становив 2,3–2,4. В листках рослин *A. platanoides* і *T. cordata*, зібраних на дослідних ділянках, зміни показника співвідношення хлорофіл *a*/ хлорофіл *b* були менш виразними, а саме: в листках *A. platanoides* цей показник зменшувався від 3,2 (контроль) до 2,4–3,0 (на ділянках Д1–Д4), а в листках *T. cordata* – від 3,0 (контроль) до 2,9–2,3 (на ділянках Д1–Д4).

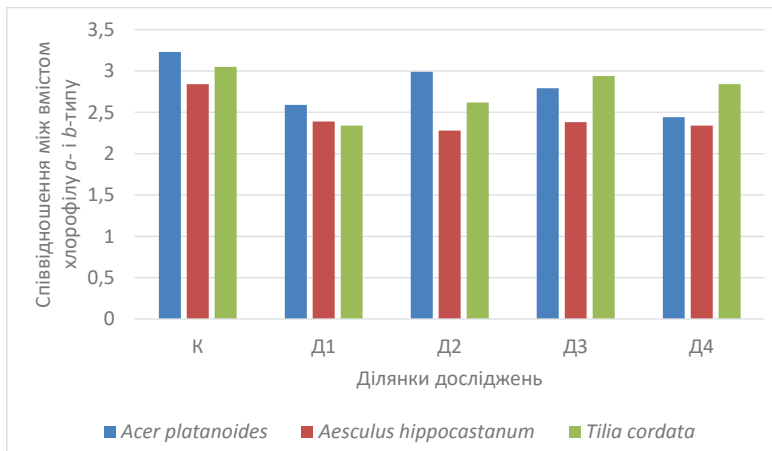


Рис. 4. Показник співвідношення між вмістом хлорофілу *a*- і *b*-типу в листках деревних рослин, зібраних на території м. Львова

Зменшення показника співвідношення між вмістом хлорофілу *a*- і *b*-типу вказує на більш виразне зменшення концентрації хлорофілу *a*, ніж хлорофілу *b*, а також на динаміку до підвищення вмісту хлорофілу *b* в листках рослин, які ростуть на територіях із транспортним навантаженням. Зокрема, в наукових джерелах наявні дані про те, що під час фізіологічної адаптації фотосинтетичного апарату рослин до несприятливих умов довкілля може відбуватися активація процесу утворення хлорофілу *b* [28, 29].

Загалом, отримані в наших дослідженнях результати щодо зменшення загальної концентрації хлорофілу та *a*- і *b*- фракцій пігменту в листках деревних рослин, зібраних на ділянках м. Львова з високим транспортним навантаженням, свідчать про пригнічення функцій фотосинтетичного апарату в рослинних клітинах під впливом полутантів, які надходять у довкілля внаслідок діяльності автомобільного та залізничного транспорту. Такий ефект може зумовлюватись розвитком стресу в клітинах рослин, спричиненого надходженням важких металів та інших токсичних речовин, вміст яких високий у компонентах довкілля в міських районах із техногенним навантаженням [11–13, 30].

ВИСНОВКИ

У процесі досліджень встановлено, що в листках деревних рослин *A. platanoides*, *A. hippocastanum* і *T. cordata*, зібраних в районах м. Львова з високою інтенсивністю руху автомобільного та залізничного транспорту, відбувається вірогідне зменшення

загальної концентрації хлорофілу і концентрації хлорофілу *a*-типу порівняно з цими показниками в рослинах, зібраних на території міських парків. Крім того, в листках *A. hippocastanum*, зібраних на двох із чотирьох дослідних ділянок, які зазнають транспортного навантаження, виявлено вірогідне зменшення концентрації хлорофілу *b*-типу порівняно з контролем. Отримані дані свідчать про пригнічення процесу фотосинтезу в клітинах рослин, які ростуть у районах із транспортним навантаженням, та неоднакову стійкість фотосинтетичного апарату різних видів деревних рослин до забруднення довкілля, спричиненого рухом автомобільного і залізничного транспорту. Разом з тим, отримані результати вказують на перспективність використання рослин *A. platanoides*, *A. hippocastanum* і *T. cordata* в біомоніторингових дослідженнях з метою з'ясування екологічного стану міських територій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Залеський І. Екологічні проблеми міст. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2015. № 1 (69). С. 71–79.
2. Поліщук О., Лесів М., Антоняк Г. Вплив транспортного навантаження на акумуляцію металів у рослинах на території м. Львова. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2020. Вип. 82. С. 101–109.
3. Поліщук О. І., Антоняк Г. Л. Вплив транспортного навантаження на елементний склад ґрунту у приміській зоні м. Львова. *Екологічні науки*. 2021. № 5 (38). С. 81–86.
4. Environmental impact of road transport / Antonyak H. et al. *Sustainable Development and Human Health* / Krynski A., Tebug G.K., & Voloshanska S. (eds.). Czestochowa: Publishing House of Polonia University “Educator”, 2020. P. 61–74.
5. Heavy metals from non-exhaust vehicle emissions in urban and motorway road dusts / Adamiec E. et al. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2016. Vol: 188. P. 369.
6. Emissions of organic pollutants from traffic and roads: Priority pollutants selection and substance flow analysis / Markiewicz A. et al. *Science of The Total Environment*. 2017. Vol: 580. P. 1162–1174.
7. Road transport in Ukraine: the impact of heavy traffic loads on the environment / Polishchuk A. et al. *Acta Carpathica*. 2019. Issue: 31–32. P. 16–24.
8. The environmental impacts of railway transportation in the Ukraine / Plakhotnik V.N. et al. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2005. Vol: 10. Issue: 3. P. 263–268.
9. Лоза В. Г., Кухлівський С. В., Косенко Б. Я., Підскребаєв О. М. Способи захисту навколишнього середовища на залізничному транспорті України. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна*. 2008. Вип. 25. С. 92–96.
10. Environmental performance analysis of railway infrastructure using life cycle assessment: Selecting pavement projects based on global warming potential impacts / Ribeiro F. B. et al. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol: 365. Article 132558.
11. Черниченко І. О., Литвиченко О. М., Соверткова Л. С., Цимбалюк С. М. Оцінка канцерогенного ризику для населення промислових міст України. *Довкілля та здоров'я*. 2017. №. 2. С. 17–22.
12. Effects of long-term exposure to air pollution on all-cause mortality and cause-specific mortality in seven major cities of South Korea: Korean national health and nutritional examination surveys with mortality follow-up / Kim H. et al. *Environmental Research*. 2021. Vol: 192. Article 110290.

13. Kim S., & Lee J.-T. Short-term exposure to PM10 and cardiovascular hospitalization in persons with and without disabilities: Invisible population in air pollution epidemiology. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 848, 157717.
14. Ольхович О. П., Мусієнко М. М. Фітоіндикація та фітомоніторинг. Київ : Фітосоціо-центр, 2005. 64 с.
15. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ : Наукова думка, 2012. 344 с.
16. Polishchuk A. I., & Antonyak H. L. Accumulation of heavy metals and antioxidant defense system in the gametophyte of *Didymodon rigidulus* Hedw. in areas with high traffic loads. *Biologichni Studii / Studia Biologica*. 2021. Vol: 15. Issue: 3. P. 51–60.
17. Polishchuk, A. I., & Antonyak, H. L. (). Dynamics of foliar concentrations of photosynthetic pigments in woody and herbaceous plant species in the territory of an industrial city. *Biologichni Studii / Studia Biologica*. 2022. Vol: 16. Issue: 2. P. 29–40.
18. Krause G. H., & Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. *Annual Review of Plant Physiology*. 1991. Vol: 42. P. 313–349.
19. Light signal transduction in higher plants / Chen M. et al. *Annual Review of Genetics*. 2004. Vol: 38. P. 87–117.
20. Biosynthesis of the modified tetrapyrroles – the pigments of life / Bryant D. A. et al. *Journal of Biological Chemistry*. 2020. Vol: 295. Issue: 20. P. 6888–6925.
21. Into the shadows and back into sunlight: photosynthesis in fluctuating light / Long S. P. et al. *Annual Review of Plant Biology*. 2022. Vol: 73. P. 617–648.
22. Are chlorophyll concentrations and nitrogen across the vertical canopy profile affected by elevated CO₂ in mature *Quercus trees*? / Gardner A. et al. *Trees*. 2022. Vol: 36. P. 1797–1809.
23. Effects of different soils on the biomass and photosynthesis of *Rumex nepalensis* in subalpine region of Southwestern China / He H. et al. *Forests*. 2022. Vol: 13. Issue: 1. P. 73.
24. Lichtenthaler H., & Wellburn A. R. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*. 1983. Vol: 603. P. 591–593.
25. Statistical Methods in Biology. Design and Analysis of Experiments and Regression / Welham S. J. et al. Taylor & Francis Group, LLC, 2015. 568 p.
26. Alterations in photosynthetic pigments, protein, and carbohydrate metabolism in a wild plant *Coronopus didymus* L. (Brassicaceae) under lead stress / Sidhu G. P. S. et al. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2017. Vol: 39. Issue: 8. P. 1–9.
27. Responses of leaf gas exchange attributes, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in NaCl-stressed cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings to exogenous glycine betaine and salicylic acid / Hamani A. K. M. et al. *BMC Plant Biology*. 2020. Vol: 20. Issue: 1. P. 1–14.
28. Salt-tolerance mechanisms induced in *Stevia rebaudiana* Bertoni: Effects on mineral nutrition, antioxidative metabolism and steviol glycoside content / Cantabella D. et al. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2017. Vol. 115. P. 484–496.
29. Analysis of biochemical parameters of *Persicaria bistorta* in different ecosystems / Hoivanovych N. et al. *Sustainable Development and Human Health*. Krynski A., Tebug G.K., Voloshanska S. (eds.). Czestochowa: Educator, 2020. P. 123–132.
30. Risk assessment for public health from air pollution in the industrial regions of Ukraine / Rybalova O. et al. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*. 2022. Issue: 56. P. 240–254.

REFERENCES

1. Zales'kyi, I. (2015) Ekolohichni problemy mist [Ecological problems of cities]. *Visnyk Natsional'noho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya*. No 1 (69). P. 71–79. [in Ukrainian].

2. Polishchuk, O., Lesiv, M., & Antonyak, H. (2020) Vplyv transportnoho navantazhennya na nakopychennya metaliv u roslynakh na terytoriyi m. L'vova [The influence of transport load on the accumulation of metals in plants in the territory of Lviv]. *Visnyk L'vivs'koho universytetu. Seriya biolohichna – Visnyk of Lviv University. Biological series*. Issue: 82. P. 101–109. [in Ukrainian].
3. Polishchuk, O.I., & Antonyak, H.L. (2021) Vplyv transportnoho navantazhennya na elementnyy sklad obgruntovano u prymis'kiy zoni m. L'vova [The influence of transport load on the elemental composition of the soil in the suburban area of Lviv]. *Ekolohichni nauky – Environmental sciences*. No 5 (38). P. 81–86. [in Ukrainian].
4. Antonyak, H., Mamchur, Z., Polishchuk, A., Lesiv, M., & Hoivanovych, N. (2020) Environmental impact of road transport. *Sustainable Development and Human Health / Krynski, A., Tebug, G.K., & Voloshanska, S. (eds.)*. Czestochowa: Publishing House of Polonia University “Educator”, 61–74.
5. Adamiec, E., Jarosz-Krzemińska, E., & Wieszała, R. (2016) Heavy metals from non-exhaust vehicle emissions in urban and motorway road dusts. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 369.
6. Markiewicz, A., Björklund, K., Eriksson, E., Kalmykova, Y., Strömvall, A.M., Siopi, A. (2017) Emissions of organic pollutants from traffic and roads: Priority pollutants selection and substance flow analysis. *Science of The Total Environment*, 580, 1162–1174.
7. Polishchuk, A., Lesiv, M., & Antonyak, H. (2019) Road transport in Ukraine: the impact of heavy traffic loads on the environment. *Acta Carpathica*, Issue: 31–32. P. 16–24.
8. Plakhotnik, V.N., Onyshchenko, Ju.V., & Yaryshkina, L.A. (2005) The environmental impacts of railway transportation in the Ukraine. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 10, 3, 263–268.
9. Loza, V.H., Kukhlivs'kyi, S.V., Kosenko, B.Ya., & Pidskrebayev, O. M. (2008) Sposoby zakhystu navkolishn'oho seredovyshcha na zaliznychnomu transporti Ukrayiny [Ways of protecting the environment in railway transport of Ukraine]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu im. akad. V. Lazaryana*. Issue: 25. P. 92–96. [in Ukrainian].
10. Ribeiro, F.B., do Nascimento, F.A.C., & da Silva, M.A.V. (2022) Environmental performance analysis of railway infrastructure using life cycle assessment: Selecting pavement projects based on global warming potential impacts. *Journal of Cleaner Production*, 365, 132558.
11. Chernychenko, I.O., Lytvychenko, O.M., Sovertkova, L.S., & Tsymbalyuk, S.M. (2017) Otsinka kantserohennoho ryzyku dlya naseleння promyslovykh mist Ukrayiny. *Dovkillya ta zdorov'ya – Environment and health*. No 2. P. 17–22. [in Ukrainian].
12. Kim, H., Byun, G., Choi, Y., Kim, S., Kim, S.-Y., & Lee, J.-T. (2021) Effects of long-term exposure to air pollution on all-cause mortality and cause-specific mortality in seven major cities of South Korea: Korean national health and nutritional examination surveys with mortality follow-up. *Environmental Research*, 192, 110290.
13. Kim, S., & Lee, J.-T. (2022) Short-term exposure to PM10 and cardiovascular hospitalization in persons with and without disabilities: Invisible population in air pollution epidemiology. *Science of The Total Environment*, 2922. Vol. 848, 157717.
14. Ol'khovych, O.P., & Musiyenko, M.M. (2005) Fitoindykatsiya ta fitomonitorynh [Phytoindication and phytomonitoring]. Kyiv : Fitosotsiotsentr, 64 p. [in Ukrainian].
15. Didukh, Ya.P. (2012) Osnovy bioindykatsiyi [Fundamentals of bioindication]. Kyiv : Naukova dumka, 344 p. [in Ukrainian].
16. Polishchuk, A.I., & Antonyak, H.L. (2021). Accumulation of heavy metals and antioxidant defense system in the gametophyte of *Didymodon rigidulus* Hedw. in areas with high traffic loads. *Biologichni Studii / Studia Biologica*, 15(3), 51–60.

17. Polishchuk, A. I., & Antonyak, H. L. (2022). Dynamics of foliar concentrations of photosynthetic pigments in woody and herbaceous plant species in the territory of an industrial city. *Biologichni Studii / Studia Biologica*, 16(2): 29–40.
18. Krause, G.H., & Weis, E. (1991) Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. *Annual Review of Plant Physiology*, 42, 313–349.
19. Chen, M., Chory, J., & Fankhauser, C. (2004) Light signal transduction in higher plants. *Annual Review of Genetics*, 38, 87–117.
20. Bryant, D.A., Hunter, C.N., & Warren M.J. (2020) Biosynthesis of the modified tetrapyrroles – the pigments of life. *Journal of Biological Chemistry*, 295, 20, 6888–6925.
21. Long, S.P., Taylor, S.H., Burgess, S.J., Carmo-Silva, E., Lawson, T., De Souza, A.P., Leonelli, L., & Wang, Y. (2022) Into the shadows and back into sunlight: photosynthesis in fluctuating light. *Annual Review of Plant Biology*, 73, 617–648.
22. Gardner, A., Ellsworth, D.S., Pritchard, J., & MacKenzie, A.R. (2022) Are chlorophyll concentrations and nitrogen across the vertical canopy profile affected by elevated CO₂ in mature *Quercus* trees? *Trees*, 36, 1797–1809.
23. He, H., Yu, L., Yang, X., Luo, L., Liu, J., Chen, J., Kou, Y., Zhao, W., & Liu, Q. (2022) Effects of different soils on the biomass and photosynthesis of *Rumex nepalensis* in subalpine region of Southwestern China. *Forests*, 13, 1, 73.
24. Lichtenthaler, H., & Wellburn, A.R. (1983). Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 603, 591–593.
25. Welham, S.J., Gezan, S.A., Clark, S.J., & Mead, A. (2015) *Statistical Methods in Biology. Design and Analysis of Experiments and Regression*. Taylor & Francis Group, LLC, 568 p. doi:10.1201/b17336
26. Sidhu, G.P.S., Singh, H.P., Batish, D.R., & Kohli, R.K. (2017) Alterations in photosynthetic pigments, protein, and carbohydrate metabolism in a wild plant *Coronopus didymus* L. (Brassicaceae) under lead stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39, 8, 1–9.
27. Hamani, A.K.M., Wang, G., Sothar, M.K., Shen, X., Gao, Y., Qiu, R., & Mehmood, F. (2020) Responses of leaf gas exchange attributes, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in NaCl-stressed cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings to exogenous glycine betaine and salicylic acid. *BMC Plant Biology*, 20, 1, 1–14.
28. Cantabella, D., Piqueras, A., Acosta-Motos, J.R., Bernal-Vicente, A., Hernández, J.A., & Díaz-Vivancos, P. (2017) Salt-tolerance mechanisms induced in *Stevia rebaudiana* Bertoni: Effects on mineral nutrition, antioxidative metabolism and steviol glycoside content. *Plant Physiology and Biochemistry*, 115, 484–496.
29. Hoivanovych, N., Antonyak, H., & Petriv, M. (2020) Analysis of biochemical parameters of *Persicaria bistorta* in different ecosystems. *Sustainable Development and Human Health / Krynski, A., Tebug, G.K., & Voloshanska, S. (Eds.)*. Czestochowa: Educator, P. 123–132.
30. Rybalova, O., Korobkova, H., Hudzevich, A., Artemiev, S., & Bondar, O. (2022). Risk assessment for public health from air pollution in the industrial regions of Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, 56, 240–254.

ABSTRACT

DYNAMICS OF CHLOROPHYLL CONCENTRATION IN THE LEAVES OF WOODY PLANTS IN THE TERRITORY OF THE CITY OF LVIV

Various modes of transport cause the release of pollutants into the environment, which adversely affects the biota in urban ecosystems. However, metabolic changes in plants that grow in urban areas have not been sufficiently studied. The aim of this work was to study the dynamics of chlorophyll concentration in the leaves of woody plants (*Acer platanoides* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Tilia cordata* Mill.) collected in areas with high traffic intensity. Four experimental sites (S1–S4) with heavy traffic of road and rail transport in the territory of Lviv were selected for research. Plant material collected in the territory of city parks was used as a control. Preparation of plant material for research and analysis of the total concentration of chlorophyll and chlorophyll *a*- and *b*-types were carried out by conventional methods. The results obtained were processed by the methods of variation statistics. The results of the study show a significant decrease in the total concentration of chlorophyll and the concentration of *a*-type chlorophyll in the leaves of all three studied plant species collected from sites S1–S4, compared with these indicators in plants collected in parks. In addition, the leaves of *A. hippocastanum* collected from two of the four experimental sites showed a significant decrease in the concentration of *b*-type chlorophyll compared to the control. These data indicate the inhibition of the photosynthesis process in plants growing in areas with traffic load, and the unequal resistance of the photosynthetic apparatus of woody plant species to environmental pollution caused by the activities of road and rail transport. At the same time, the obtained results indicate the usefulness of *A. platanoides*, *A. hippocastanum* and *T. cordata* plants in biomonitoring studies to determine the ecological state of urban areas.

Key words: woody plants, photosynthesis, chlorophyll, urban ecosystems, traffic load, biomonitoring, phytoindication.

Nataliia Pakholkiv,

Ph.D. (Veterinary Sciences), Senior Researcher, Laboratory of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Poultry Institute of Animal Biology of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine
orcid.org/0000-0002-5774-2940, e-mail: talokha@gmail.com

Iryna Nevostruyeva,

Ph.D. (Agricultural Sciences), Senior Researcher, S. Gzhytskyi Laboratory of Metabolism Institute of Animal Biology of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Ukraine
orcid.org/0000-0002-5797-5592, e-mail: iryna.nevostruyeva@gmail.com

Volodumura Hudyma,

Ph.D. (agricultural sciences), Chief Specialist of the Department of Food Safety and Veterinary Medicine,
Main Office of the State Production and Consumer Service in Lviv region, Ukraine
orcid.org/0000-0003-1234-1948, e-mail: vlada_bdzilka@ukr.net

EFFECT OF VITAMIN D₃ ON HEMATOLOGIC INDICES AND RESISTANCE OF LAYING HENS

Abstract. The content of vitamin D₃ in standard fodder for laying hens varies within 2,5-3,500 IU / kg. It is known that vitamin D is involved in bone metabolism and regulates calcium homeostasis in the body. Experiment was carried out in three groups of laying hens of the cross-breed Hayesks brown, which for 30 days fed fodder, the content of vitamin D₃ in which was respectively 2,5; 5,0 and 10,0 thousand IU / kg.

An increase in the content of vitamin D₃ from 2.5 to 10.0 thousand IU / kg increased the concentration of 25-OH D₃ in blood plasma by half (from 15.10 to 27.25 ng / ml). The dose of 5.0 ths. IU / kg did not affect the concentration of 25-OH D₃ (16.56 ng / ml). Increased vitamin D in the diet increased the number of red blood cell and, consequently, hemoglobin concentration in the blood ($p < 0.05$) and decreased the number of white blood cell ($p < 0.05-0.01$). In the blood of chickens that received high levels of vitamin D in the diet, more monocytes and neutrophils were detected. Particularly significant effects were observed for monocytes, the proportion of which in the blood of laying hens in group 2 increased by 1.2; and in laying hens of the third group - 1.6 times ($p < 0.01$), compared to the laying hens of the 1st group. With an increase in the amount of vitamin D₃ in the diet of leucocytes, the proportion of lymphocytes decreased, the content of which in laying hens of 1-, 2- and 3rd groups was 58.95, respectively; 54.57 and 48.26%. Under the influence of feeding 10.0 thousand IU / kg of vitamin D₃ in the blood of hens, the phagocytic activity increased ($p < 0.05$), which is consistent with the increase in the number of monocytes and neutrophils. The bactericidal activity of blood serum of laying hens of groups 2 and 3 (5.0 and 10.0 ths. IU / kg D₃) was 20% higher ($p < 0.05$) than in laying hens of group 1 (2, 5 thousand IU / kg D₃). Thus, an increase in the diet of laying hens in vitamin D₃ increases the innate immunity and does not stimulate a specific link.

Key words: Laying hens, vitamin D₃, 25-OH D₃, red blood cells, hemoglobin, white blood cells contain, innate immunity.

INTRODUCTION

Recently, the idea of the biological function of vitamin D has undergone significant changes related to the detection of 1- α -hydroxylase and calcitriol receptor in many cell types [1-3],

including in the cells of the immune system: lymphocytes, monocytes, antigen-presenting cells [4]. It has been established that vitamin D regulates the immune response, that is, the spectrum of its action is wider than previously thought [3-5, 9].

The receptor for vitamin D and 1- α -hydroxylase are available in T- and B-lymphocytes [12]. Vitamin D3 reduces the proliferation and differentiation of T-helper cells and regulates the production of cytokines by them [4, 6]. The inhibition of the effect of calcitriol on the proliferation of B-lymphocytes is mainly associated with its action on T-helper [5]. Vitamin D reduces the risk of autoimmune diseases, but the mechanisms of this action are inadequate and need to be further studied [5, 7, 8].

Vitamin D has an effect on leukopoiesis and erythropoiesis [9-11]. High levels of vitamin D3 receptor expression have been detected in cystic cells [11].

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted on three groups of hens cross "Hayseks brown." Laying hens received a standard full-fodder feed PC 1-18. Vitamin D3 in the diet of laying hens 1st (control) group was 2.5 thousand IU / kg. The diet of laying hens 2nd and 3rd groups were injected additional feed additive Romiviks D3 500, bringing vitamin D3 in the diet to 5.0 and 10.0 thousand IU / kg.

At the end of the experiment, in the 10 hens of each group, samples of venous blood were taken. The blood serum was determined by the content of 25-OH vitamin D by ELISA immunoassay using a set of reagents from Immundiagnostik (Germany). The number of red blood cell and white blood cell was counted in the chamber Goryaev. Concentration of hemoglobin in blood was determined by hemoglobinsin method. Phagocytic blood activity was determined by VM Mityushnikov (1985) using the daily Culture of Escherichia coli (strain VKM-125). Bactericidal activity of blood serum (according to P. A. Emelianenko (1980) using weakly pathogenic strain Escherichia coli VKM-125) and lysozyme activity of blood serum (according to A.G. Dorofeichuk (1983) using Micrococcus lysodeikticus daily strain VKM-109) were determined by nephelometric method [12].

RESULTS

An increase in the diet of laying hens vitamin D3 led to an increase in serum concentrations hydroxylated form 25-OH D3, and these changes are not proportional to the dose of vitamin zhodovanoho (Table. 1). Thus, with increasing content in the diet of vitamin D3 from 2.5 to 5.0 thousand IU / kg concentration of 25-OH D3 serum changed slightly, while its further increase to 10.0 thousand. IU / kg increased its concentration almost twice ($p < 0.001$).

Table 1

The content of 25-hydroxyvitamin D3 in serum of hens ($M \pm m$, $n = 5$)

Indicator	The content of vitamin D3 in the diet		
	2,5 thousand IU/ kg	5,0 thousand IU / kg	10,0 thousand IU / kg
25-OH D3 ng / mL	15,12 \pm 0,49	16,56 \pm 0,44	27,25 \pm 0,51*** ###

Note: In this and the following tables likelihood of differences between the control (1) and research (2 and 3) groups into account * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$; the likelihood of differences between research (2) and research (3) groups # - $p < 0,05$; ## - $p < 0,01$; ### - $p < 0,001$.

Obviously, at a dose of 5.0 thousand IU / kg of feed 25-OH D3 almost completely translates into an active form of 1.25 (OH) 2, whereas at a dose of 10,000 IU / kg a significant portion of it continues to circulate in the blood channels

The increasing of vitamin D3 from 2.5 to 5.0 and 10.0 ths. IU / kg increased the number of red blood cell and, consequently, the concentration of hemoglobin in the blood ($p < 0.05$) (Table 2). The number of red blood cell grew gradually in proportion to the increase in the amount of vitamin D. A slightly different pattern was found for hemoglobin. An increase in the content of vitamin D in the diet from 2.5 to 5.0 thousand IU / kg by one third increased its concentration in red blood cell. Instead, a further dose increasing of up to 10.0 ths. IU / kg did not significantly affect the hemoglobin concentration, which in the red blood cell of laying hens of the 2nd and 3rd groups did not differ significantly.

Table 2

Hematological parameters of hens ($M \pm m$, $n = 10$)

Indicators	The content of vitamin D3 in the diet		
	2,5 thousand IU / kg	5,0 thousand IU / kg	10,0 thousand IU / kg
Red blood cells, T / L	2,89±0,14	3,23±0,30	3,49±0,23* #
Hemoglobin, g / l	100,68±8,18	127,69±8,19*	132,59±5,27* #
White blood cells, g/l	39,06±1,56	31,15±1,47**	34,33±1,77*

With the increase in the diet of vitamin D3 from 2.5 to 5.0 thousand IU / kg in the blood of hens, the number of white blood cell decreased ($p < 0,05-0,01$). With further increase of vitamin D to 10.0 thousand IU / kg white blood cell count remained at the same level as that of a dose of 5.0 thousand IU / kg.

This assumption is consistent with changes in the number of lymphocytes in the blood (Table 3). Although the relative proportion of lymphocytes in the white blood cell formula of laying hens in the 2nd experimental group decreased insignificantly, the absolute number of lymphocytes in this group, taking into account the lower total number of white blood cell, was significantly lower than in the control. Consequently, a greater number of white blood cells in laying hens of group 1 is due to an increase in the number of lymphocytes that are responsible for a specific immune response. In the blood group's white blood cell hens, the third group observed a further decrease in the percentage of lymphocytes ($p < 0.05$), however taking into account a slightly larger total number of white blood cell the absolute number of lymphocytes in the laying hens of the 2nd and 3rd experimental groups did not differ significantly.

In the blood of laying hens that received high levels of vitamin D3 in the diet, more monocytes and neutrophils were detected, that is, cells responsible for phagocytosis. Particularly significant effects were found for monocytes, the proportion of which in laying hens of the 2 nd group increased by 1.2; and in laying hens of the third group - 1.6 times ($p < 0.01$), compared to the laying hens of the 1st group.

The bactericidal activity of the blood serum is approximately the same in laying hens of groups 2 and 3 (Table 4), which received in the diet of 5.0 and 10.0 thousand IU / kg of vitamin D3, while in the first group hens receiving 2.5 Thousands of IU / kg of vitamin D3, this figure was 20% lower ($p < 0.05$).

Table 3

White blood cells formula, % (M ± m, n = 10)

Indicators	The content of vitamin D3 in the diet		
	2,5 thousand IU / kg	5,0 thousand IU / kg	10,0 thousand IU / kg
Lymphocytes, %	58,95±2,49	54,57±1,59**	48,26±1,97*#
Neutrophils, %	27,42±2,52	31,43±1,41	35,34±1,71*
Monocytes, %	5,17±0,66	6,30±0,36	8,52±0,53**##
Basophils, %	2,51±0,14	2,34±0,11	2,44±0,22
Eosinophils, %	5,95±0,48	5,36±0,63	5,44±0,40

Table 4

Indicators of innate imunité (M ± m, n = 10)

Indicators	The content of vitamin D3 in the diet		
	2,5 thousand IU / kg	5,0 thousand IU / kg	10,0 thousand IU / kg
Bactericidal act., %	62,24±0,97	74,98±2,40**	72,07±2,56**
Lysozyme Act, %	23,81±2,28	18,22±2,24	26,62±3,28
Phagocytosis %	31,18±1,92	33,59±2,11	38,42±1,97*

Thus, the increase in the diet of laying vitamin D3 enhances innate immunity, and it does not stimulate a specific link. Moreover, the number of lymphocytes in this case decreases. Obviously, the more effective prevention of penetration into the body of antigenic factors reduces the need of proliferation of white blood cells.

CONCLUSIONS

1. Increased vitamin D3 in the diet increases the number of red blood cell and hemoglobin concentration and reduces the amount of white blood cell in the blood of laying hens.

2. For a greater amount of vitamin D3 in the diet in the blood of hens, the number of monocytes and neutrophils increases and phagocytic and bactericidal activity increases.

PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

In the future, it is necessary to investigate the effect of high doses of vitamin D3 on parameters specific resistance in laying hens.

REFERENCES

1. Ceglia L. Vitamin D and its role in skeletal muscle. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, 2009, vol. 12(6), pp. 628–633.
2. Bikle D. D. Vitamin D and bone *Curr Osteoporos Rep.* 2012; 10(2), pp. 151–159.
3. Kamen D. L., Tangpricha V. Vitamin D and molecular actions on the immune system: modulation of innate and autoimmunity. *J. Mol. Med. (Berl)*, 2010, vol. 88(5), pp. 441–450.
4. Aranow C. Vitamin D and the Immune System. *J. Investig. Med.*, 2011, vol. 59(6), pp. 881–886.
5. Prietl B., Treiber G., Pieber T. R., Amrein K. Vitamin D and immune function. *Nutrients*, 2013, no 5, pp. 2502–2521.

6. Adams J. S., Hewison M. Update in vitamin D. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2010, vol. 95, pp. 471–478.
7. Holick M. F. Vitamin D deficiency. *N. Engl. J. Med.*, 2007, vol. 357, pp. 266–281.
8. Battault S., Whiting S. J., Peltier S. L., Sadrin S., Gerber G., Maixent J. M. Vitamin D metabolism, functions and needs: From science to health claims. *Eur. J. Nutr.*, 2013, vol. 52, pp. 429–441.
9. Hewison M. An update on vitamin D and human immunity. *Clin. Endocrinol*, 2012, vol. 76, pp. 315–325.
10. Baeke F., Takiishi T., Korf H., Gysemans C., Mathieu C. Vitamin D: Modulator of the immune system. *Curr. Opin. Pharmacol*, 2010, vol. 10, pp. 482–496.
11. White J.H. Vitamin D metabolism and signaling in the immune system. *Rev. Endocr. Metab. Disord.*, 2012, vol. 13, pp. 21–29.
12. Ferreira G. B., van Etten E., Verstuyf A., Waer M., Overbergh L., Gysemans C., Mathieu C. 1,25-Dihydroxyvitamin D₃ alters murine dendritic cell behaviour in vitro and in vivo. *Diabetes Metab. Res. Rev.*, 2011, vol. 27, pp. 933–941.

Наталія Борисівна Мохначова,

кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник

Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця Національної академії аграрних наук України, Україна

orcid.org/0000-0001-5982-6542, e-mail: nataliia.mokhnachova82@gmail.com

ВИВЧЕННЯ ГЕНЕТИЧНОЇ СТРУКТУРИ ПОПУЛЯЦІЇ УКРАЇНСЬКОЇ АБОРИГЕННОЇ ЛЕБЕДИНСЬКОЇ ПОРОДИ КОРІВ

Анотація. В статті представлені результати дослідження структурних генів в популяції української аборигенної лебединської породи корів, які асоціюються з молочною продуктивністю: *CSN2* (бета-казеїн), *CSN3* (капа-казеїн), *BLG* (бета-лактоглобулін). Ці гени кодують білки молока та є важливими генетичними факторами, які впливають на якість та склад молока корів. Вивчення генетичної структури аборигенних порід ВРХ є важливим для розуміння еволюції та розподілу генофонду тварин. Це може бути корисним для збереження цих порід, а також для покращення їх продуктивності та пристосування до змін у навколишньому середовищі.

Всього було досліджено поліморфізм 3 гени (*CSN2*, *CSN3*, *BLG*). Для дослідження використали 32 зразки ДНК, виділеної із венозної крові корів лебединської породи за допомогою набору «ДНК Сорб-Б» (AmpliSens). Генотипування проводили використовуючи аналіз поліморфізму довжин рестрикційних фрагментів на основі полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР-ПДРФ). Ампліфікований фрагмент *CSN2* (121 п.н.) обробляли ферментом рестрикції *DdeI*. Особливістю аельного спектру гена бета-казеїна у вивчених тварин є значне переважання алеля *A1* (0,75). Тварин з генотипом *A2A2* виявлено не було. Для гена *CSN3* ампліфікований фрагмент розміром 273 п.н. обробляли рестриктазою *HinfI*. Встановлено відсутність тварин з генотипом *CSN3^{BB}* та високу частоту алеля *A* (0,81). При дослідженні гена *BLG* продукт ампліфікації (247 п.н.) обробляли ферментом рестрикції *HaeIII*. Виявлено, що частіше зустрічався алель *B* (0,77) та генотип *BLG^{BB}* (0,7).

Виявлені особливості аельного спектру генів *CSN2* (*A2-0,25*), *CSN3* (*A-0,81*), *BLG* (*B-0,77*), які характерні для дослідженої популяції української аборигенної лебединської породи корів. Результати дослідження є цінними у зв'язку з різким скороченням чисельності місцевих аборигенних популяцій і виникнення загрози зникнення власних генетичних ресурсів сільськогосподарських видів.

Ключові слова: корови, аборигенна порода корів, лебединська порода, поліморфізм, гени, капа-казеїн, бета-казеїн, бета-глобулін, алель.

ВСТУП

Збереження генетичних ресурсів набуло величезного значення для усього світу та України в тому числі. Захист породного різноманіття є необхідним для сталого розвитку сільського господарства, вирішення глобальних проблем продовольчої безпеки, розвитку нових ринків, зменшення екологічних проблем, є захистом від невідомих сьогодні селекційних, природних та інших ризиків. Особливе значення для тваринництва України мають вітчизняні генофонди аборигенних порід великої рогатої худоби, які витісняються комерційними породами [1].

Лебединська порода великої рогатої худоби – це аборигенна українська порода корів. Була виведена в Україні поблизу м. Лебедин Сумської області, звідки й походить назва

породи. Створена методом відтворного схрещування корів сірої української породи з бугаями швіцької породи. Як породу затверджено 1950 року. Весь цей час селекційно-племінна робота з лебединською породою здійснювалася за рахунок внутрішніх резервів України. Породі властива низка цінних господарських ознак: адаптованість до місцевості та кормових умов, витривалість і загальна резистентність, скоростиглість і високі показники приросту маси. Ці ознаки визначають особливу цінність породи, як носія спадкових якостей і генних комплексів [2]. Лебединська порода – це унікальна українська порода, яка є джерелом унікальних властивостей, закріплених у генотипі. Дослідження цієї породи є важливим для збереження генофонду української великої рогатої худоби.

Ген бета-казеїну відповідає за синтез β -казеїну. Найбільш поширеними варіантами β -казеїну у молочних порід великої рогатої худоби є *A1* та *A2*. Саме білок *A1* все частіше називають основною причиною непереносимості молочних продуктів [3–5]. Ген капа-казеїну пов'язують з білковомолочністю та технологічними властивостями молока. Для алеля *CSN3^B* встановлена кореляція з більшим вмістом білку в молоці і виходом сиру. Бета-лактоглобулін (BLG) – ген сироваткового білку молока. Алель *BLG^B* асоціюється з високим вмістом казеїнових білків, високим відсотком жиру та покращує характеристики казеїнового згустку [6; 7].

Метою роботи було дослідити поліморфізм генів: бета-казеїну (*CSN2*), капа-казеїну (*CSN3*), бета-лактоглобуліну (*BLG*) в популяції лебединської аборигенної породи великої рогатої худоби.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Було досліджено зразки крові від дійних корів лебединської породи з господарства ПГ «Голосієво» ($n=32$) Київської області, Україна (Рис. 1). Молекулярно-генетичні дослідження проводились на базі лабораторії генетики Інституту розведення і генетики тварин ім. М.В. Зубця НААН.

Зразки крові відбирали з яремної вени в об'ємі 5 мл в вакуумні пробірки з сухим ЕДТА. Геномну ДНК виділяли згідно зі стандартною методикою, використовуючи комерційний набір «ДНК Сорб-Б» (AmpliSens). Концентрацію ДНК доводили до 50 нг/мкл. Поліморфізм генів *CSN2*, *CSN3* та *BLG* досліджували методом ПЛР-ПДРФ. Нуклеотидні послідовності праймерів для ампліфікації та назви рестриктаз для рестрикції продуктів ампліфікації показано в таблиці 1.



Рисунок 1. Корова лебединської породи ПГ «Голосієво» Київська обл.

Таблиця 1

Нуклеотидні послідовності праймерів та рестриктази

Послідовність праймера	Ампліфікат, (п.н.)	Рестриктаза	Посилання
CSN2			
F:5'-CCTTCTTTCCAGGATGAACTCCAG-3' R:5'- AGTACGAGGAGGGATGTTTTGTGGGAGGCTCT-3'	121	<i>DdeI</i>	McLachlan et al., 2006[8]
CSN3			
F:5'-GAAATCCCTACCATCAATACC-3' R:5'-CCATCTACCTAGTTTAGATG -3'	273	<i>HinfI</i>	Pinder et al., 1991[9]
βLG			
F:5'-TGTGCTGGACACCGACTACAAAAAG-3' R:5'-GCTCCCGGTATATGACCACCCTCT-3'	247	Hae III	Medrano et al., 1990 [10]

Умови ПЛР та схеми рестрикційного аналізу продуктів ампліфікації поліморфних ділянок досліджуваних генів в таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристика умов ПЛР та схеми ПДРФ-аналізу продуктів ампліфікації

Поліморфізм	Умови ампліфікації	Генотипи та відповідні довжини рестрикційних фрагментів
<i>CSN2- DdeI</i>	94°C-4 хв; (95°C- 15с; 56°C- 15с;72°C- 60с) x35; 72° -5 хв	<i>CSN2- DdeI^{A1A1}</i> :121; <i>CSN2- DdeI^{A2A2}</i> :86+35; <i>CSN2- DdeI^{A1A2}</i> :121+86+35;
<i>CSN3- HinfI</i>	95°C-4 хв; (95°C- 15с; 58°C- 15с;72°C- 60с) x35; 72° -10 хв	<i>CSN3- HinfI^{BB}</i> :224+49; <i>CSN3- HinfI^{AA}</i> :133+91+49; <i>CSN3-HinfI^{AB}</i> :224+133+91+49;
<i>BLG- Hae III</i>	94°C-4 хв; (95°C- 15с; 61°C- 15с;72°C- 60с) x35; 72° -10 хв	<i>BLG- Hae III^{AA}</i> :148+99; <i>BLG- Hae III^{BB}</i> :99+74; <i>BLG- Hae III^{AB}</i> :148+99+74;

Суміш для проведення ПЛР у своєму складі містила: 2 мкл буфера для ДНК полімерази, 1,0 мкл суміші дНТФ (*AmpliSens*), 1,0 мкл відповідного праймера, 0,2 мкл ДНК-полімерази (*Fermentas*). Геномна ДНК додавалась у кількості 2,0 мкл, решта ddH₂O. Загальний об'єм ДНК-суміші становив 10 мкл. Ампліфікацію ДНК проводили на програмованому чотирьохканальному термоциклері ТП4-ПЦР-01-«Терцик» (ДНК-технологія). Прилад виконаний у вигляді єдиного модуля, що об'єднує 4 незалежно керованих термоблока. В кожному термоблоці встановлена матриця на 10 пробірок об'ємом 0,5 мл.

Продукти ПЛР обробляли специфічними рестрикційними ферментами: до 10 мкл ПЛР-продукту додавали 5 од./мкл рестриктази та 1,5 мкл рестрикційного буферу, інкубували при 37 °С 12 год. Візуалізацію результатів проводили в 2-3% агарозному гелі з бромистим етидієм. у 1хТВЕ-буфері при постійній напрузі 100 В протягом 90 хв, з наступною детекцією за допомогою транслюмінатора ТУВ-1 в ультрафіолетовому світлі 312 нм. В якості маркерів молекулярних мас використовували *GeneRuler TM 50 bp*

DNA Ladder та Thermo Scientific™ GeneRuler 1 kb Plus DNA Ladder. Аналіз результатів проводили, фотографуючи гелі цифровою камерою.

Статистичний аналіз проводили за допомогою програмного пакету Statistica 6.0 та Exel (Microsoft Office 2007).

РЕЗУЛЬТАТИ

В популяції лебединської аборигенної породи ВРХ було досліджено 3 локуси (*CSN2*, *CSN3*, *BLG*), які є генами-кандидатами молочної продуктивності. Гени вибрані так, щоб проаналізувати молочну характеристику, як одну з найголовніших господарсько-корисних ознак.

Локус *CSN2*

Аналіз результатів генотипування (Рис. 1) дослідженого поголів'я встановив поліморфізм за геном бета-казеїну (*CSN2*) у вигляді наявності двох алельних станів: *CSN2*^{A1} і *CSN2*^{A2}. Так, частота «бажаного» алеля А2 (0,25) у тварин лебединської породи, у 3 рази була нищою, від частоти алеля А1 (0,75). Це знайшло своє відображення в частоті генотипів *CSN2*^{A1A1} та *CSN2*^{A2A1}, які зустрічалися в однаковій кількості тварин – 16 гол. і 16 гол., відповідно. Тварин з генотипом *CSN2*^{A2A2} – в даній вибірці виявлено не було.

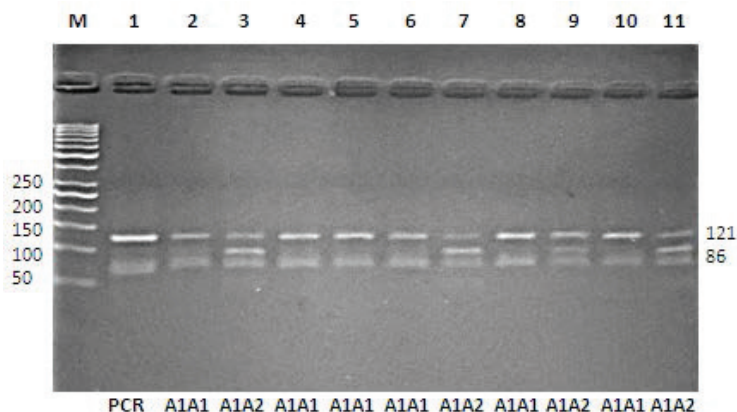


Рис. 1. Електрофоретичний аналіз продуктів рестрикції при визначенні генотипів за геном *CSN2*: М – маркер молекулярних мас; генотипи тварин вказані під фото

Оцінка ступеня генетичної різноманітності виявила, що показник гомозиготності за геном бета-казеїну у вивчених тварин знаходився на рівні 50%, тобто 16 голів.

Значення фактичної рівноваги у тварин лебединської породи ВРХ на 0,125 перевищує теоретично очікувану (Табл. 3). Відповідно до закону Харді-Вайнберга, за локусом бета-казеїну у дослідженій вибірці тварин порушена генетична рівновага.

Локус *CSN3*

У дослідженій групі тварин лебединської породи з господарства ПГ «Голосієво» Київської області спостерігали поліморфізм за геном капа-казеїну (Рис. 2). Так в результаті генотипування виявлено тварин двох генотипів *CSN3*^{AA} та *CSN3*^{AB}. Найбільша кількість тварин – 20 голів із 32 досліджуваних – носії гомозиготного

генотипу $CSN3^{AA}$ капа-казеїну (62%). В їх молоці присутній тільки один варіант білку – А. Решта корів (12 голів) гетерозиготні – $CSN3^{AB}$ (Табл. 4).

Таблиця 3

Порода	Розмір вибірки	Частота генотипів		Частота алеля		Гетерозиготність		χ^2	F_{IS}
				A1	A2	H_0	H_E		
Лебединська	32	A1A1	0,5	0,75±0,021	0,25±0,021	0,5	0,375	2,22	-0,33
		A1A2	0,5						
		A2A2	-						

Примітка. H_0 – фактична гетерозиготність; H_E – очікувана гетерозиготність; χ^2 – критерій відповідності.

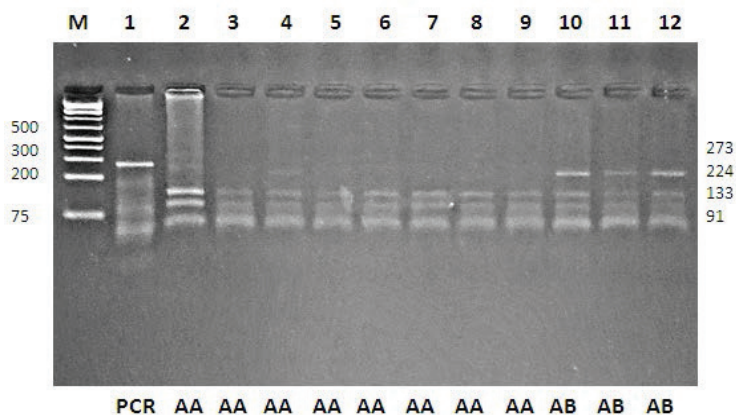


Рис. 2. Електрофоретичний аналіз продуктів рестрикції при визначенні генотипів за геном $CSN3$: М – маркер молекулярних мас; генотипи тварин вказані під фото

Частота алелю А складає 0,81, що у 4,26 рази перевищує частоту алелю В, який пов'язують з більшим вмістом білку в молоці і виходом сиру. Алель $CSN3^B$ в досліджених тварин зустрічається з частотою 0,19 (таблиця 4).

Таблиця 4

Порода	Розмір вибірки	Частота генотипів		Частота алеля		Гетерозиготність		χ^2	F_{IS}
				A	B	H_0	H_E		
Лебединська	32	AA	0,62	0,81±0,03	0,19±0,03	0,380	0,308	0,75	-0,235
		AB	0,38						
		BB	-						

Примітка. H_0 – фактична гетерозиготність; H_E – очікувана гетерозиготність; χ^2 – критерій відповідності.

За порівняння значень фактичної і теоретичної гетерозиготності у вивченій вибірці тварин відмічено, що фактична гетерозиготність на 0,072 перевищувала теоретичну, проте, різниця є статистично незначущою ($\chi^2=0,75$). За результатами дослідження показник гомозиготності за геном капа-казеїну склав 62%.

Локус βLG

Показники алельного поліморфізму за геном бета-лактоглобуліну корів лебединської породи наведені в таблиці 5. За допомогою фермента рестрикції *Hae III* виявлено наявність двох алелів А і В та трьох генотипів АА (асоційований із синтезом білку А бета-глобуліну), АВ (цей генотип має неповне домінування, при ньому синтезується бета-глобуліновий білок, що характеризується проміжними властивостями і поєднує властивості варіантів А і В білків бета-лактоглобуліну) і ВВ (асоціюється з експресією білку В бета-лактоглобуліну) (Рис. 3).

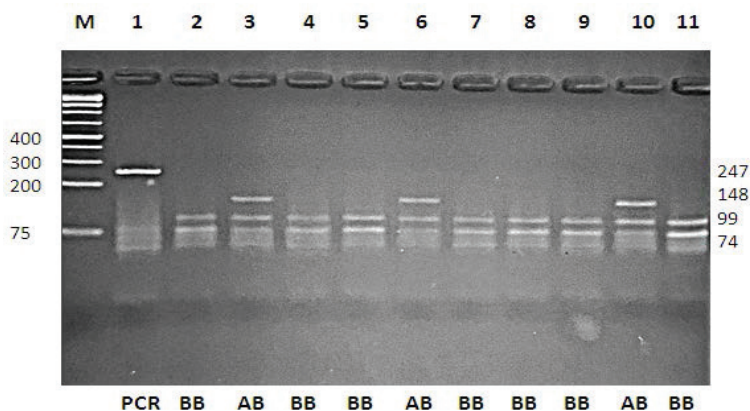


Рис. 3. Електрофоретичний аналіз продуктів рестрикції при визначенні генотипів за геном βLG : М – маркер молекулярних мас; генотипи тварин вказані під фото

За результатами дослідження розподілу генотипів бета-лактоглобуліну серед 32 голів ПГ «Голосієво» Київської області 22 корови (70%) є гомозиготними за алелем В та по 5 корів були носіями гомозиготного за А-алелем генотипу АА (15%) і гетерозиготного АВ-генотипу (15%). Дослідження частоти алелів виявило, що у тварин вивченої вибірки лебединської породи у 3 рази переважає алель В бета-лактоглобуліну (77%). Частота алелю А складає 23% відповідно.

Таблиця 5

Порода	Розмір вибірки	Частота генотипів		Частота алеля		Гетерозиготність		χ^2	F_{IS}
		АА	АВ	А	В	H_0	H_E		
Лебединська	32	0,15	0,15	0,23±0,021	0,77±0,021	0,150	0,349	6,50*	0,570
		ВВ	0,7						

Примітка. H_0 – фактична гетерозиготність; H_E – очікувана гетерозиготність; χ^2 – критерій відповідності; * – достовірність ($P<0,05$)

При порівнянні значень фактичної і теоретично очікуваної гетерозиготності за геном βLG досліджених тварин лебединської породи відмічено дворазове переважання теоретично очікуваної гетерозиготності над фактичною. Це є наслідком високого рівня гомозиготності, який становив 85%. Також за вивченим геном βLG виявлене достовірне зміщення генетичної рівноваги $\chi^2=6,50$ ($P<0,05$).

ВИСНОВКИ

В результаті дослідження 3 локусів, які пов'язані з молочною продуктивністю, виявлені особливості розподілу алельних варіантів вивчених генів у популяції корів аборигенної лебединської породи. Аналізом результатів генотипування корів лебединської породи встановлено, що поліморфізм генів $CSN2$, $CSN3$ та BLG представлений двома алелями $CSN2^{A1}$ і $CSN2^{A2}$, $CSN3^A$ і $CSN3^B$, BLG^A і BLG^B . Генетична структура лебединської породи характеризувалася високою концентрацією цінних з селекційної точки зору алельних варіантів: $CSN2^{A2}$ (0,25), $CSN3^A$ (0,81), BLG^B (0,77). Це свідчить, що досліджені тварини лебединської породи великої рогатої худоби продемонстрували порівняно високий рівень генетичного різноманіття для цієї невеликої і географічно ізольованої породи. Отримані результати можуть бути використані як додатковий інструмент в селекційних програмах та програмах із збереження генофонду лебединської породи великої рогатої худоби.

ЛІТЕРАТУРА

1. Voitenko, S.L., Porkhun, M., Sydorenko, O., Ilnytska, T. Genetic resources of agricultural animals of Ukraine at the beginning of the third millennium. *Animal Breeding and Genetics*. 2019. № 58. P. 110–119.
2. Ladyka, V.I., Sklyarenko, Yu.I., & Pavlenko, Yu.M. Characteristics of the genetic structure of lebedinian breed bulls for the kappa-casein gene ($CSN3$). *Animal Breeding and Genetics*. 2018. № 56. P. 157–161.
3. Kaminski, S., Cieslinska, A., Kostyra, E. Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health. *J. Appl. Genet.* 2007. № 48. P. 189–198.
4. Haq, M.R., Kapila, R., Sharma, R., Saliganti, V., Kapila, S. Comparative evaluation of cow (3-casein variants (A1/A2) consumption on Th2-mediated inflammatory response in mouse gut. *Eur J Nutr.* 2014. № 53(4). P. 1039–1049.
5. Parashar, A., Saini, R.K. A1 milk and its controversy-a review. *International Journal of Bioassays*. 2015. № 4. P. 4611–4619.
6. Gregorio, P., Grigoli, A., Trana, A., Alabiso, M., Maniaci, G., Rando, A., Valluzzi, C., Finizio, D., Bonanno, A. Effects of different genotypes at the $CSN3$ and LGB loci on milk and cheese-making characteristics of the bovine Cinisara breed. *International Dairy Journal*. 2017. № 71. P. 1–5.
7. Zepeda-Batista, J.L., Saavedra-Jiménez, L.A., Ruíz-Flores A., Núñez-Domínguez, R., Ramírez-Valverde, R. Potential influence of κ -casein and β -lactoglobulin genes in genetic association studies of milk quality traits. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 2017. № 30(12). P. 1684–1688.
8. McLachlan, C.N. Breeding and milking cows for milk free of β -casein A1. Patent US No. 7094949. 2006.
9. Pinder, S.J., Perry, B.N., Skidmore, C.J., Savva, D. Analysis of polymorphism in the bovine casein genes by use of polymerase chain reaction. *Animal Genetics*. 1991. № 22(1). P. 11–20.
10. Medrano, J.F., Aquilar-Cordova, E. Polymerase chain reaction amplification of bovine β -lactoglobulin genomic sequences and identification of genetic variants by RFLP analysis. *Animal Biotechnology*. 1990. № 1(1). P. 73–77.

REFERENCES

1. Voitenko, S.L., Porkhun, M., Sydorenko, O., Ilnytska, T. (2019). Genetic resources of agricultural animals of Ukraine at the beginning of the third millennium. *Animal Breeding and Genetics*, 58, 110–119. doi: 10.31073/abg.58.15 [in Ukrainian]
2. Ladyka, V.I., Sklyarenko, Yu.I., & Pavlenko, Yu.M. (2018). Characteristics of the genetic structure of lebedinian breed bulls for the kappa-casein gene (CSN3). *Animal Breeding and Genetics*, 56, 157–161. <https://doi.org/10.31073/abg.56.21> [in Ukrainian]
3. Kaminski, S., Cieslinska, A., Kostyra, E. (2007). Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health. *J. Appl. Genet.*, 48, 189–198. doi: 10.1007/BF03195213.
4. Haq, M.R. Kapila, R., Sharma, R., Saliganti, V., Kapila, S. (2014). Comparative evaluation of cow (3-casein variants (A1/A2) consumption on Th2-mediated inflammatory response in mouse gut. *Eur J Nutr*, 53(4), 1039–1049. doi: 10.1007/J100394-013-0606-7.
5. Parashar, A., Saini, R.K. (2015). A1 milk and its controversy-a review. *International Journal of Bioassays*, 4, 4611–4619. doi:10.21746/IJBIO.2015.12.007.
6. Gregorio, P., Grigoli, A., Trana, A., Alabiso, M., Maniaci, G., Rando, A., Valluzzi, C., Finizio, D., Bonanno, A. (2017). Effects of different genotypes at the CSN3 and LGB loci on milk and cheese-making characteristics of the bovine Cinisara breed. *International Dairy Journal*, 71, 1–5. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.11.001>.
7. Zepeda-Batista, J.L., Saavedra-Jiménez, L.A., Ruíz-Flores, A., Núñez-Domínguez, R., Ramírez-Valverde, R. (2017). Potential influence of κ -casein and β -lactoglobulin genes in genetic association studies of milk quality traits. *Asian-Australas J. Anim. Sci.*, 30(12), 1684–1688. doi: 10.5713/ajas.16.0481.
8. McLachlan, C.N. (2006). Breeding and milking cows for milk free of β -casein A1. Patent US No. 7094949.
9. Pinder, S.J., Perry, B.N., Skidmore, C.J., Savva, D. (1991). Analysis of polymorphism in the bovine casein genes by use of polymerase chain reaction. *Animal Genetics*, 22(1), 11–20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1991.tb00642.x>.
10. Medrano, J.F., Aquilar-Cordova, E. (1990). Polymerase chain reaction amplification of bovine β -lactoglobulin genomic sequences and identification of genetic variants by RFLP analysis. *Animal Biotechnology*, 1(1), 73–77. <https://doi.org/10.1080/10495399009525730>.

ABSTRACT

STUDY OF THE GENETIC STRUCTURE OF THE POPULATION OF THE UKRAINIAN INDIGENOUS LEBEDYN BREED OF COWS

The article presents the results of the study of structural genes in the population of the Ukrainian indigenous Lebedyn breed of cows, which are associated with milk productivity: CSN2 (beta-casein), CSN3 (kappa-casein), BLG (beta-lactoglobulin). These genes encode milk proteins and are important genetic factors that influence the quality and composition of cows' milk. Studying the genetic structure of aboriginal breeds of cattle is important for understanding the evolution and distribution of the animal gene pool. This can be useful for the conservation of these breeds, as well as for improving their performance and adaptation to environmental changes.

A total of 3 gene polymorphisms (CSN2, CSN3, BLG) were investigated. For the research, 32 samples of DNA isolated from the venous blood of Swan breed cows using the "DNA Sorb-B" kit (AmpliSens) were used. Genotyping was performed using polymerase chain reaction (PCR-PCR) polymorphism analysis of restriction fragment lengths. The amplified fragment of CSN2 (121 bp) was treated with DdeI restriction enzyme. A feature of the allelic spectrum of the beta-casein gene in the studied animals is the significant predominance of the A1 allele (0.75). No animals

with the A2A2 genotype were found. For the CSN3 gene, an amplified fragment with a size of 273 bp. treated with *Hinf*I restriction enzyme. The absence of animals with the CSN3^{BB} genotype and a high frequency of the A allele (0.81) were established. When studying the BLG gene, the amplification product (247 bp) was treated with the restriction enzyme *Hae*III. It was found that allele B (0.77) and genotype BLG^{VV} (0.7) were more common.

Features of the allelic spectrum of CSN2 (A2-0.25), CSN3 (A-0.81), BLG (B-0.77) genes, which are characteristic of the studied population of the Ukrainian indigenous Lebedyn breed of cows, were revealed. The results of the study are valuable in connection with the sharp reduction in the number of local indigenous populations and the threat of extinction of the own genetic resources of agricultural species.

Key words: cows, indigenous breed of cows, Lebedyn breed, polymorphism, genes, kappa-casein, beta-casein, beta-globulin, allele.

УДК 612.122

DOI <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.1.7>

Віталій Ілліч Шейко,

доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя,
Україна
orcid.org/0000-0001-7932-4478, e-mail: interliycin@ukr.net

Олена Борисівна Кучменко,

доктор біологічних наук, професор,
завідувач кафедри біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя,
Україна
orcid.org/0000-0002-3021-8583, e-mail: kuchmeb@yahoo.com

Валентина Миколаївна Гавій,

кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя,
Україна
orcid.org/0000-0002-2804-0456, e-mail: gaviyv@gmail.com

Едуард Олександрович Глазков,

доктор медичних наук, професор,
доцент кафедри патологічної фізіології
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця,
Україна
orcid.org/0000-0001-7084-3693, e-mail: foleogont@gmail.com

Олена Дмитрівна Боярчук,

кандидат біологічних наук, доцент,
завідувач кафедри анатомії і фізіології людини та тварин
Луганський національний університет імені Тараса Шевченка,
Україна
orcid.org/0000-0002-4388-6011, e-mail: boiarchuk.helen@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ГЕМОДИНАМІКИ У СТУДЕНТІВ З РІЗНОЮ СТАТУРОЮ

Анотація. Останнім часом науковці спрямували свої дослідження на вивчення проблеми співвідношення загальної, приватної та локальної конституції організму людини, що дає можливість прогнозувати специфічність реактивних процесів, які проходять у будь-якому органі чи системі органів чи у цілісному організмі. Така зацікавленість до вивчення конституційних особливостей людського організму зумовлена проявом різної реактивності цілісного організму на однаковий вплив факторів ендогенного та екзогенного походження за силою та тривалістю дії. Взаємозв'язок стану здоров'я з конституційними характеристиками організму є головним складником конституціології.

Мета дослідження – дослідити особливості центральної гемодинаміки організму юнаків різних соматотипів.

Для досягнення мети ми використовували такі методи: антропологічні (визначення типів статури), про стан серцево-судинної системи за такими показниками, як частота серцевих скорочень, артеріальний тиск систолічний та діастолічний, пульсовий тиск, систолічний об'єм крові, хвилинний об'єм крові, методи статистичної обробки.

Дослідження проведено на групі волонтерів загальною кількістю 320 осіб віком 18–20 років чоловічої статі. Всі учасники дослідження були розподілені на три підгрупи відповідно до особливостей статури.

За антропометричними показниками студенти були розподілені на три групи згідно з типом статури: дигестивний – 108 осіб, м'язовий – 86 осіб, астено-торакальний – 106 осіб.

Таким чином, максимальні показники пульсу характерні для представників астено-торакального типу статури, але при цьому для них характерні середні значення показників артеріального тиску, пульсового тиску, СОК та ХОК. Для представників дигестивного типу характерне середнє значення показників пульсу та максимальні показники артеріального тиску, пульсового тиску, СОК та ХОК. М'язовий тип статури характеризується самими низькими показниками пульсу, артеріального тиску, СОК та ХОК порівняно з дигестивним та астено-торакальними типами статури.

Ключові слова: тип статури, пульс, артеріальний тиск, систолічний об'єм крові, хвилинний об'єм крові, гемодинаміка.

ВСТУП

Вплив інноваційних освітніх навантажень, який характеризується високим психоемоційним та інтелектуальним напруженням, підвищення вимог до обсягу і якості знань, а також порушення рухового режиму негативно впливають на функціональні можливості організму студентів [1; 2; 3]. Це призводить до зниження адаптаційних резервів, виникненню ситуації неузгодженості механізмів регуляції вегетативних функцій [2; 4; 5].

Нераціональна локомоторна діяльність, гіподинамія може чинити негативний вплив на нервові та ендокринні механізми регуляції фізіологічних функцій в організмі студента [1; 2; 3; 4; 5]. Своєрідність гемодинамічних зрушень, що відбуваються в організмі у разі статичного навантаження на фоні навчання та гіподинамії [1; 2; 4], виражену активацію симпато-адреналової системи зі швидко наступаючим стомленням [1; 3; 4] можна вважати ознакою стресу, який підвищує ризик розвитку вегетативних порушень і серцево-судинної патології [1; 2; 5; 6].

Останнім часом науковці спрямували свої дослідження на вивчення проблеми співвідношення загальної, приватної та локальної конституції організму людини, що дає можливість прогнозувати специфічність реактивних процесів, які проходять у будь-якому органі чи системі органів чи в цілісному організмі [1; 2; 5; 6; 7]. Така зацікавленість до вивчення конституційних особливостей людського організму зумовлена проявом різної реактивності цілісного організму на однаковий вплив факторів ендогенного та екзогенного походження за силою та тривалістю дії [4; 5; 6]. Взаємозв'язок стану здоров'я з конституційними характеристиками організму є головним складником конституціології [1; 2; 4; 5; 6].

Завдання – дослідити особливості центральної гемодинаміки організму юнаків різних соматотипів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для досягнення мети ми використовували такі методи: антропологічні (визначення типів статури), про стан серцево-судинної системи за такими показниками, як частота серцевих скорочень, артеріальний тиск систолічний та діастолічний, пульсовий тиск, систолічний об'єм крові (СОК), хвилинний об'єм крові (ХОК), методи статистичної обробки.

Дослідження проведено на групі волонтерів загальною кількістю 320 осіб віком 18–20 років чоловічої статі. Всі учасники дослідження були розподілені на три підгрупи відповідно до особливостей статури.

Визначення типів статури юнаків здійснювалося на основі антропометричних обстежень [7; 8]. Під час проведення дослідження нами використовувалася методика В.Г. Штефко і А.Д. Островського (1929), яка найбільш прийнятна, на наш погляд, у роботі з юнаками віком до 20 років. У цей період в основному закінчується процес росту і формування організму; більшість основних розмірних ознак тіла досягають дефінітивної величини [7; 8].

Частоту серцевих скорочень (ЧСС) визначали у стані відносного спокою. У спокої ЧСС фіксували пульсотакетром “Polar F52c”, пальпаторно, а також за допомогою комплексу “Варікард 2.51”. Вимірювання величин артеріального тиску проводили з використанням методу Н.С. Короткова в положенні сидячи [8].

Робота виконана на базі кафедри біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, кафедри анатомії і фізіології людини та тварин Луганського національного університету імені Тараса Шевченка (м. Миргород).

Робота виконувалась у відповідності до біоетичних норм з дотриманням відповідних принципів Гельсінської декларації прав людини, Конвенції ради Європи про права людини і біомедицини та відповідних законів України. Всі волонтери дали письмову згоду на участь у дослідженні [9; 10].

Статистичну обробку отриманих даних здійснювали методами математичної статистики з використанням комп'ютерної програми Excel 10.

РЕЗУЛЬТАТИ

За антропометричними показниками студенти були розподілені на три групи згідно з типами статури: дигестивний – 108 осіб, м'язовий – 86 осіб, астено-торакальний – 106 осіб.

Фізіологічні спостереження за студентами 18–20 років різних типів статури дозволили виявити суттєві відмінності в показниках центральної гемодинаміки (таблиця 1).

Аналіз частоти серцевих скорочень дає можливість стверджувати про наявність більш високого значення ЧСС ($87,5 \pm 2,65$ уд/хв.) у юнаків астено-торакального типу статури на 15% порівняно з представниками м'язового ($76,4 \pm 1,65$ уд/хв) і на 12% порівняно з представниками дигестивного типів статури ($77,9 \pm 1,7$ уд/хв) ($P < 0,05$).

Артеріальний тиск – один з найбільш важливих показників гемодинаміки. Цей показник у представників дигестивного типу статури характеризується найбільш високими величинами: систолічний тиск на 17% більший ніж у представників м'язового типу і на 10% порівняно з астено-торакальним типом; діастолічний тиск на 5% більший ніж у м'язового типу і на 1,5% ніж у астено-торакального типу. Відмінності в показниках систолічного тиску у представників з дигестивним типом статури були достовірні порівняно з показниками представників м'язового та астено-торакального типів статури. Показники діастолічного тиску у представників дигестивного типу статури були достовірно більші порівняно з показниками м'язового типу статури.

Таблиця 1

**Показники центральної гемодинаміки студентів
18–20 років різних типів статури**

Показники	Типи статури			Достовірність різниць		
	Астено-торакальний (n=106)	М'язовий (n=86)	Дигестивний (n=108)	АТ-М	М-Д	АТ-Д
ЧСС, уд/хв.	87,5±2,65	76,4±1,65	77,9±1,7	*		*
САТ мм рт.ст	113,58±4,5	106,9±1,5	125,14±2,2	*	*	*
ДАТ мм рт.ст.	74,17±3,54	71,43±1,84	75,25±2,5		*	
Пульсовий тиск мм рт.ст	39,41±4,03	35,47±1,66	49,89±2,2		*	*
ХОК, л/хв.	6,4±0,17	4,76±0,14	6,8±0,15		*	*
СОК,мл	74,2±1,33	73,8±0,17	76,2±1,93		*	

Примітка. * – Статистично достовірні відмінності при $P < 0,05$

Максимальні показники пульсового тиску спостерігалися у представників дигестивного типу статури порівняно з астено-торакальним та м'язовим типами. Відносні характеристики пульсового тиску у представників дигестивного типу були більші на 26,5% ніж у представників астено-торакального типу і на 40,6% ніж у представників м'язового типу статури, зазначені зміни мали достовірний характер. А відносні показники пульсового тиску у представників м'язового типу та астено-торакального відрізнялися одне від одного на 11%, такі відмінності не є достовірними.

Розглядаючи отримані дані хвилинного об'єму крові (ХОК), можна відзначити, що найменші показники відзначені у студентів м'язового типу статури: 4,76±0,14 л/хв. Найбільш високі значення ХОК притаманні представникам дигестивного типу статури, він більший на 43% ніж у представників м'язового типу і на 6% ніж у астено-торакального типу. Представники астено-торакального типу статури мали 6,4±0,17 л/хв, це більше ніж у представників м'язового типу, але менше ніж у представників дигестивного типу статури.

Підвищення скорочувальної функції перебуває в обернено пропорційній залежності від ЧСС. Найбільший систолічний об'єм крові виявлений у представників дигестивного типу: 76,2±1,93 мл ($P < 0,05$); мінімальний СОК спостерігався у представників м'язового та астено-торакального типів статури: 73,8±0,17 мл і 74,2±1,33 мл відповідно. Відмінності статистично недостовірні ($P > 0,05$). Так, СОК у представників

дигестивного типу був більший на 3% порівняно з представниками м'язового типу статури і на 2,6% порівняно з показниками астено-торакального типу.

Таким чином, максимальні показники пульсу характерні для астено-торакального типу статури, але при цьому для них характерні середні значення показників артеріального тиску, пульсового тиску, СОК та ХОК. Для представників дигестивного типу характерне середнє значення показників пульсу та максимальні показники артеріального тиску, пульсового тиску, СОК та ХОК. М'язовий тип статури характеризується самими низькими показниками пульсу, артеріального тиску, СОК та ХОК порівняно з дигестивним та астено-торакальним типами статури.

ВИСНОВКИ

Показники центральної гемодинаміки мають певну залежність від типу статури. Так, мінімальні значення, які характеризують діяльність серцево-судинної системи, характерні для м'язового типу статури, максимальні значення, за винятком пульсу, для дигестивного типу, а середні значення, за винятком пульсу, для астено-торакального типу. Кількісні характеристики пульсу у представників м'язового типу мінімальні, середнє значення – характерне для дигестивного типу статури і максимальне значення пульсу характерне для астено-торакального типу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Глазков Е.О. Шейко В.І., Львов О.С. Вплив рухової активності на захворюваність студентів спеціальних медичних груп. *Вісник проблем біології і медицини*, 2015, Т. 2. Вип. 4. С. 399–402.
2. Глазков Е.О., Шейко В.І., Львов О.С. Співвідношення конституції тіла та порушення в показниках здоров'я студентів спеціальних медичних груп. *Вісник проблем біології і медицини*. 2015. Т. 1. Вип. 4. С. 319–322.
3. Шейко В.І., Колеснік (Куц) Ю.І. Біологічний вплив комп'ютера та його складників як фактор погіршення здоров'я людини та міопізації ока. Publishing House "Baltija Publishing", 2021. С. 91–114.
4. Скиба О.О. Патогенетичні особливості формування вегетативних дисфункцій у підлітків залежно від їх морфологічного статусу. *Regul. Mech. Biosyst.*, 2017, № 8(1). С. 46–50.
5. Шейко В.І., Кучменко О.Б., Львов О.С. Особливості впливу фізичних навантажень на основні показники організму студентів спеціальної медичної групи різних типів статури. Trends and prospects of scientific thought in medicine : collective monograph. Boston, 2022, International Science Group. Т. 1. С. 47–67.
6. Куцериб Т., Гриньків М., Вовканич Л., Музика Ф. Аналіз соматотипу представників різних спортивних спеціалізацій. *Фізична активність, здоров'я і спорт*. 2015. № 3. С. 3–10.
7. Гриньків М.Я. Спортивна морфологія (з основами вікової морфології) : навчальний посібник / М.Я. Гриньків, Л.С. Вовканич, Ф.В. Музика. Львів, 2015. 304 с.
8. Функціональна діагностика / за редакцією О. Жарінова, Ю. Іваніва, В. Куця. Київ : «Четверта хвиля», 2021. 784 с.
9. Гельсінська декларація Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людини у якості об'єкта дослідження». Документ 990_005, редакція від 01.10.2008. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/990_005.
10. Загальна декларація про біоетику та права людини. Організація Об'єднаних Націй

з питань освіти, науки і культури: відділ етики науки і технології: сектор соціальних і гуманітарних наук. 19 жов. 2005. 12 с. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180r.pdf>.

REFERENCES

1. Glazkov, E.O., Sheiko, V.H., Lvov, O.S. (2015). Vpliv ruhovoi aktivnosni na zahvoryvanist studentiv specialnih medichnih grup [The influence of motor activity on the morbidity of students of special medical groups]. *Visnik problem biologii i meicini – Herald of problems of biology and medicine*, 4, 399–402 [in Ukrainian].
2. Glazkov, E.O., Sheiko, V.H., Lvov, O.S. (2015). Spivvidnoshennya konstitucii tila ta porushenny pokaznikiv zdorovj studentiv specialnih medichnih grup. *Visnik problem biologii i meicini – Herald of problems of biology and medicine*, 4, 319–322 [in Ukrainian].
3. Sheiko, V.H., Kolesnyk (Kush), Y.I. (2021). Biologichni vpliv kompytera ta yogo skladnykiv yak faktor pogirshennya zdorovya lydini ta miopizacij oka [Biological influence of the computer and its components as a factor of deterioration of human health and myopisation of the eye]. Publishing House “Baltija Publishing”, pp. 91–114 [in Ukrainian].
4. Skiba, O.O. (2017). Patogenetichni osoblivisti formuvannya vegetativnih disfunkcii u pidlitkiv zalegno vid ih morfologichnogo statusu [Pathogenetic features of the formation of vegetative dysfunctions in adolescents depending on their morphological status]. *Regul. Mech. Biosyst. – Regul. Mech. Biosyst.*, 8(1), 46–50 [in Ukrainian].
5. Sheiko, V.H., Kuchmenko, O.B., Lvov, O.S. (2022). Osoblivosti vplivu fizichnih navantagen na osnovni pokaznikiv organizmu studentiv specialnoi medichnoi grupi riznih tipov staturi [Features of the influence of physical exercises on the main indicators of the body of students of the special medical group of different build types]. *Trends and prospects of scientific thought in medicine: collective monograph*, International Science Group. Boston. Trends and prospects of scientific thought in medicine: collective monograph. International Science Group. Boston, Vol.1, pp. 47–67 [in English].
6. Kucerib, T., Grinkiv, M., Vovkanich, L., Muzika F. (2015). Analiz somatotipu predstavnikov riznih sportivnih specializacii [Analysis of the somatotype of representatives of various sports specializations]. *Fizyczna aktivnost, zdorovya i sport – Physical activity, health and sports*. 3, 3–10 [in Ukrainian].
7. Grinkiv, M.J., Vovkanich, L.S., Muzika, F.V. (2015). Sportivna morfologiya (z osnovami vikovoi morfologii): navchalnii posibnik [Sports morphology (with the basics of age-related morphology): teaching manual]. Lviv State University of Physical Culture [in Ukrainian].
8. Garinova, O., Ivaniva, Y., Kuca, V. (eds.) (2021). Funkcionalna diagnostika [Functional diagnostics]. Kyiv: “Chetverta hvilya” [in Ukrainian].
9. Gelsinska deklaracij Vsesvitnoi medichnoi asociacii (2008) «Etichni principy medichnih doslidgen za uchastj lydini u ykosti obekta doslidgen» [Declaration of Helsinki of the World Medical Association “Ethical principles of medical research with the participation of a person as an object of research”]. Document 990_005. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/990_005 [in Ukrainian].
10. Zagalna deklaracij pro bioetiku ta prava lydini (2005). General Declaration on Bioethics and Human Rights. Organizaciy Obednanih Nacii z pitan osviti, nauki i kulturi: viddil etiki nauki i tehnologii: stktor socialnih i gumanitarnih nauk [General Declaration on Bioethics and Human Rights. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: Science and Technology Ethics Division: Social Sciences and Humanities Sector] Retrieved from: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180r.pdf> [in Ukrainian].

ABSTRACT

FEATURES OF CENTRAL HEMODYNAMICS IN STUDENTS WITH DIFFERENT PHYSICS

Recently, scientists have focused their research on the problem of the relationship between the general, private and local constitution of the human body, which makes it possible to predict the specificity of reactive processes that take place in any organ or system of organs, or in a whole organism. Such interest in the study of the constitutional features of the human body is due to the manifestation of different reactivity of the whole organism to the same influence of factors of endogenous and exogenous origin, in terms of strength and duration of action. The relationship between the state of health and the constitutional characteristics of the body is the main component of constitutional science.

The purpose of the study – to investigate the peculiarities of the central hemodynamics of the body of young men of different somatotypes.

To achieve the goal, we used the following methods: anthropological (determination of body types), about the state of the cardiovascular system by such indicators as heart rate, systolic and diastolic blood pressure, pulse pressure, systolic blood volume, minute blood volume, methods statistical processing.

The research was conducted on a group of volunteers, a total of 320 people, aged 18–20, male. All study participants were divided into three subgroups according to their physique.

According to anthropometric indicators, students were divided into three groups according to the type of physique: digestive – 108 people, muscular – 86 people, astheno-thoracic – 106 people.

Thus, the representatives have the maximum pulse values characteristic of the astheno-thoracic body type, but at the same time, they are characterized by the average values of blood pressure, pulse pressure, SOC and HOC. Representatives of the digestive type are characterized by the average pulse rate and the maximum blood pressure, pulse pressure, SOC and COC. The muscular body type is characterized by the lowest indicators of pulse, blood pressure, SOC and HOC in comparison with the digestive and astheno-thoracic body types.

Key words: body type, heart rate, blood pressure, systolic blood volume, minute blood volume, hemodynamics.

UDC 539.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.1.8>

Ivan Donchev,

South-Ukrainian K.D. Ushynsky National Pedagogical University, Odesa, Ukraine
e-mail: idonchev@gmail.com

Dietmar Fink,

Nuclear Physics Institute, Czech Academy of Sciences, Řež, Czech Republic
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, D.F., México
Scopus Author ID: 55439567000, e-mail: fink@xanum.uam.mx

Alina Vinkovskaya,

South-Ukrainian K.D. Ushynsky National Pedagogical University, Odesa, Ukraine
e-mail: alina.vinkovskaya@gmail.com

Taras Kavetsky,

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine
Institute of Physics, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovak Republic
Scopus Author ID: 57220358576,
orcid.org/0000-0002-4782-1602, e-mail: kavetsky@yahoo.com

Mariya Kushniyazova,

Kazakh-British Technical University, Almaty, Republic of Kazakhstan
e-mail: kshnmariya@gmail.com

Dmytro Dyachok,

South-Ukrainian K.D. Ushynsky National Pedagogical University, Odesa, Ukraine
Scopus Author ID: 57190344246,
orcid.org/0000-0002-9036-1138, e-mail: dyachok13@gmail.com

Yurii Bondaruk,

South-Ukrainian K.D. Ushynsky National Pedagogical University, Odesa, Ukraine
Scopus Author ID: 57202950413,
orcid.org/0000-0003-4231-1416, e-mail: bondaruk@windowslive.com

Lyudmyla Pan'kiv,

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine
Scopus Author ID: 35485114300, 6505589435,
orcid.org/0000-0002-4918-2138, e-mail: lyuda_pankiv@ukr.net

Yuliia Kukhazh,

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine
Scopus Author ID: 56507384300,
e-mail: juljakhj@i.ua

Oksana Mushynska,

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine
e-mail: nokr@ukr.net

Oksana Zubrytska,

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine
e-mail: oksanazubrytska23.02@gmail.com

Oles Matskiv,

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine
e-mail: omackiv@gmail.com

Vladimir Soloviev,

Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine
Scopus Author ID: 7005535906
orcid.org/0000-0002-4945-202X, e-mail: vnsoloviev2016@gmail.com

Arnold Kiv,

South-Ukrainian K.D. Ushynsky National Pedagogical University, Odesa, Ukraine
Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel
Scopus Author ID: 6602488378,
orcid.org/0000-0002-0991-2343, e-mail: kiv.arnold20@gmail.com

SIMULATION OF TRACK STRUCTURES AS THE BASIS OF BIOSENSORS

Abstract. The main factor determining the functioning of the track biosensor is the influence of the composition of an ionic liquid flowing through the track on the ion current density at a certain external voltage. When any contamination enters the ionic liquid flowing through the track, the current density changes. This change determines the sensitivity of the biosensor. The amplifying electronic circuit of the device makes it possible to vary the sensitivity parameter over a wide range. In this work, it was found that the sensitivity of the biosensor depends on the mode in which it is operated. This means that the mode of operation must be selected depending on what sensitivity is required in each particular case.

Key words: porous, track biosensors, model particles, adsorption centers, sensitivity.

INTRODUCTION

Experts consider bio-nanotechnology to be one of the most intriguing areas of application of nano-science. In recent decades, the applications of nanotechnology in many fields related to biology, such as diagnostics, drug delivery, and molecular imaging, have been intensively investigated and yielded remarkable results.

The importance of monitoring vital processes and parameters in various spheres of life has led to the discovery of small analytical devices known as biosensors. The creation of these devices has provided various applications including drug discovery, disease diagnosis, biomedicine, food safety and processing, environmental monitoring [1; 2].

Biosensors are analytical devices used to detect the presence of an analyte of interest in a sample. They are self-contained integrated devices that provide qualitative and quantitative data about analyte by using a biological recognition element that is coupled to a transduction element. The purpose of these analytical devices is to rapidly provide accurate and reliable information about the analyte of interest in real time [3-6].

Biological sensor elements interact with the investigated substance to generate a signal. The signal generated as a result of the interaction between the sensitive element and the substance under study is then converted into a measurable and quantifiable signal through a transducer. Thus, the signal processing system amplifies the electrical signal and transmits it to the data processor, which produces a measured signal in the form of a digital display, printout, or by other way [7; 8]. The development of efficient biosensors with high functionality has led to significant achievements in various scientific fields. However, the experimental construction of biosensors faces difficulties, which in some cases can be overcome by using computational methods. Computer simulation can be to complement or replace classical experimental methods of biosensor development. Our study is directed to development and improvement of a computer model of track biosensor with an account of results earlier obtained by methods of computer modelling in the field of track biosensor creation.

1. On the possibilities of using track structures

1.1. Electrical peculiarities of tracks

The basis of any track biosensor is a track structure, which, in a particular case, is a polymer film irradiated with fast ions. The resulting structural disorder along the tracks changes electronic behavior of material. The free volume created in this way allows electrolytes to penetrate into the polymer along the hidden surface of the track, thus forming parallel liquid conductive nanowires between the front and back sides of the foil. Thus the irradiated polymer foils can exhibit electronic properties that mimic bioelectronic functional properties, as they somewhat resemble biological membranes that also contain parallel electrolyte-filled nanopores. Carbonaceous accumulations along the hidden tracks act as obstacles to the smooth passage of the ion current along them when a low-frequency direct or alternating current voltage is applied. As a result, charges can accumulate so that their electric field exceeds the intensity of the breakdown field. At this moment, current surges occur, which are associated with negative differential resistance.

1.2. Track structures for detection of spiral bacteria

There are some classes of parasitic bacteria with characteristic spiral morphology (bodies about $\sim 0.15 \dots 0.5 \mu\text{m}$ thick and spiral length $\sim 5 \dots 10 \mu\text{m}$), such as spiroplasma (e.g. E-Coli) and spirochetes (such as Borelli and Treponema). All of them can move at a significant speed (usually $\sim 3-10 \mu\text{m/s}$), but with different mechanisms of migration. While spiroplasma bacteria move through the kinks, spirochetes demonstrate purely longitudinal movement. The peculiar elongated structures of these bacteria allow them to pass along nanopores such as etched tracks. This is used to isolate them by filtration. A combination of ion track filters provides effective sensors for spirochetes. This should be done by measuring their mobility through tracks etched to different diameters over a range of helix diameters. Such measurements provide an interesting insight into the motion limitations of nanometric helical structures. In this way, spirochetes can be distinguished from spiroplasmas.

2. Simulation of optimal operating modes of a track biosensor

The parameters of the biosensor depend on the shape of the tracks, their sizes, and the atomic and electronic structure of the inner surfaces [9-11].

Features of the passage of ion flows through the tracks determine the quality of the functioning of the track biosensor. As noted earlier [11], this kinetics is significantly affected by adsorption centers on the inner surfaces of the tracks. With their uniform distribution on the surface and the same parameters, the ion flow has ohmic behavior (Fig. 1). It is this option that is optimal for the functioning of the biosensor. However, it is difficult to ensure a uniform distribution of adsorption centers on the inner surface of the track during the creation of tracks during the passage of fast ions through the film. Usually, ohmic current conditions are not created (Fig. 2).

Computer simulation of [11] made it possible to obtain the dependence of the depth of the potential well of the adsorption center on the charge. It turned out that even with a uniform distribution of adsorption centers over the surface, the dependence of the current density on the charge value is nonmonotonic (Fig. 3). However, with their uneven distribution these dependences are more complex and unpredictable (Fig. 4), which is important to consider when creating a biosensor.

An unexpected result was the influence of the flux density of model particles on their deceleration by adsorption centers (Fig. 5).

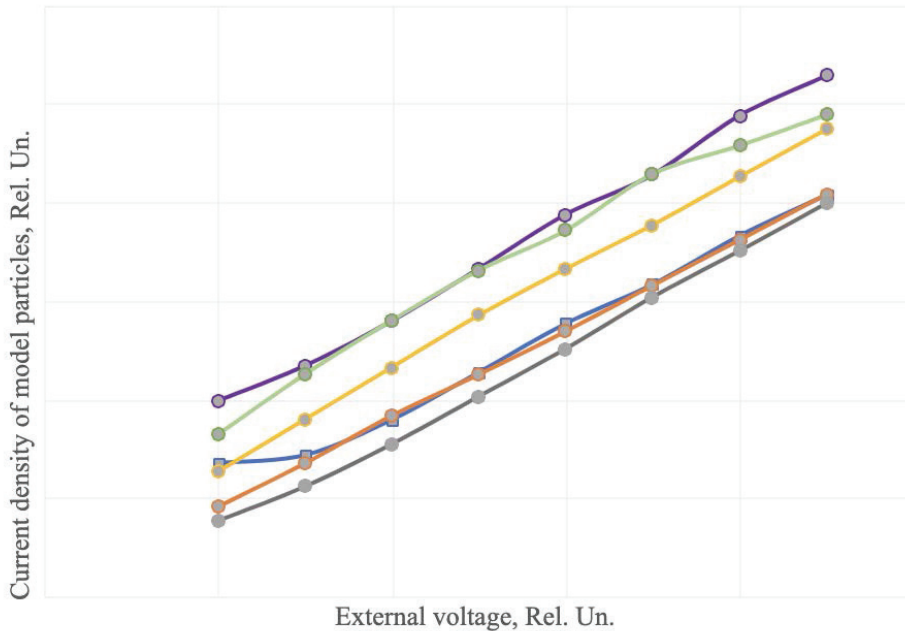


Fig. 1. Dependence of the current density of model particles on the external voltage. Curves of different colors correspond to different values of the initial external voltage. The increase in voltage during subsequent measurements was carried out in the same way in all cases

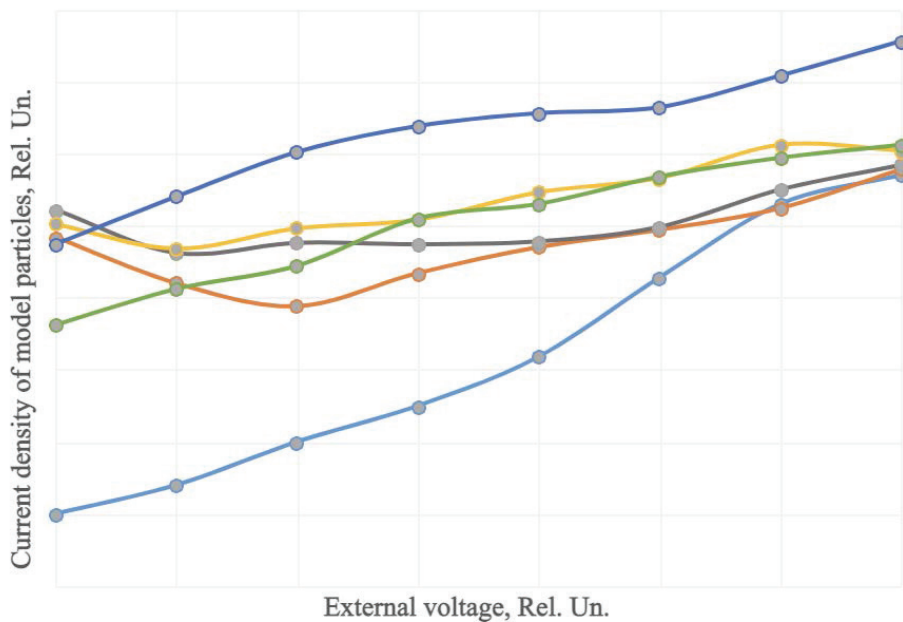


Fig. 2. Dependence of the current density of model particles on the external voltage. Curves of different colors correspond to different values of the initial external voltage. The increase in voltage during subsequent measurements was carried out in the same way in all cases

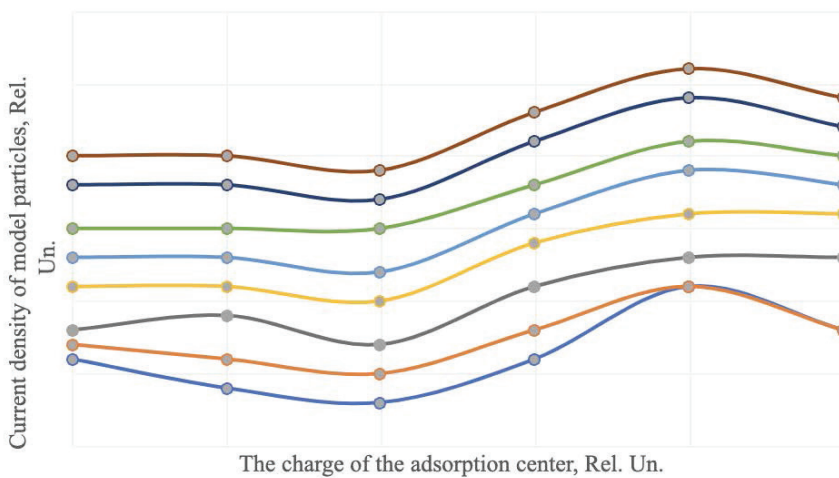


Fig. 3. Dependence of the current density of model particles on the charge of the adsorption center in the case of uniform distribution of adsorption centers on the inner surface of the track. Curves of different colors correspond to different values of the initial external voltage. The increase in voltage during subsequent measurements was carried out in the same way in all cases

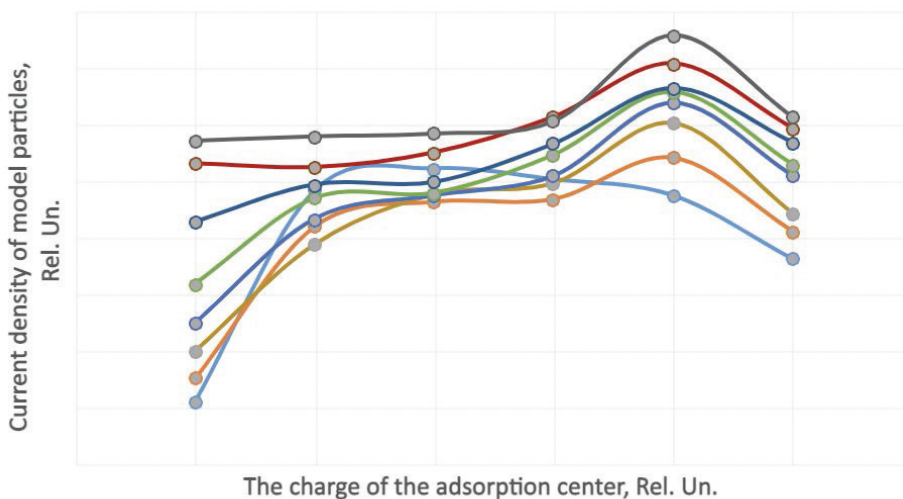


Fig. 4. Dependence of the current density of model particles on the charge of the adsorption center in the case of random distribution of adsorption centers on the inner surface of the track. Curves of different colors correspond to different values of the initial external voltage. The increase in voltage during subsequent measurements was carried out in the same way in all cases

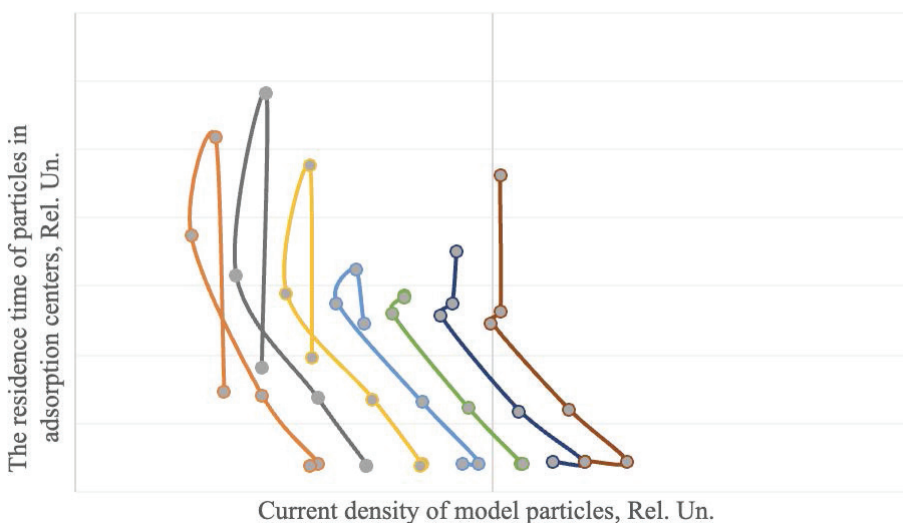


Fig. 5. The dependence of the residence time of particles in adsorption centers on the flow. Curves of different colors correspond to different values of the initial external voltage. The increase in voltage during subsequent measurements was carried out in the same way in all cases

DISCUSSION AND CONCLUSION

The problems of creating new sensory devices have now acquired particular urgency. These should be devices with a sufficiently high sensitivity and cost-effective. In particular, a large number of biosensors for various purposes have been created. The use of computer simulation methods significantly reduces the cost of developing and creating new sensor devices. Computer simulation has made it possible to obtain important results without costly experiments. In this work, it has been established that, regardless of the design features of a track biosensor, its effective application is possible only under a certain operating mode.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported in part by the Ministry of Education and Science of Ukraine (projects Nos. 0121U109543, 0122U000850, and 0122U000874) and National Research Foundation of Ukraine (project No. 2020.02/0100 “Development of new nanozymes as catalytic elements for enzymatic kits and chemo/biosensors”). T.K. also acknowledges the SAIA (Slovak Academic Information Agency) for scholarship in the Institute of Physics of Slovak Academy of Sciences in the framework of the National Scholarship Programme of the Slovak Republic.

REFERENCES

1. Monosik R., Stredansky M., Sturdik E. Biosensors – classification, characterization and new trends, *Acta Chimica Slovacia*. 2012. Vol. 5(1). P. 109-120.
2. Turner APF. Biosensors: sense and sensibility. *Chem. Soc. Rev.* 2013. Vol. 42. P. 3184-3196.
3. Mehrotra P. Biosensors and their applications – A review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. 2016. Vol. 6. P. 153-159.
4. Thevenot D.R., Toth K., Durst R.A., Wilson G.S. Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification. *Pure Appl Chem*. 1999. Vol. 71. P. 2333-2348.
5. Damiati S., Schuster B. Electrochemical Biosensors Based on S-Layer Proteins. *Sensors*. 2020. Vol. 20. P. 1721.
6. Sabr A.K.H. Biosensors. *American Journal of Biomedical Engineering*. 2016. Vol. 6(6). P. 170-179.
7. Malik P., Katyal V., Malik V., Asatkar A., Inwati G., Mukherjee T.K. Nanobiosensors: Concepts and Variations. *International Scholarly Research Notices*. 2013. Vol. 2013. Article ID 327435, 9 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/327435>
8. Grieshaber D, MacKenzie R, Voros J, Reimhult E. Electrochemical Biosensors - Sensor Principles and Architectures. *Sensors*. 2008. Vol. 8. P. 1400-1458.
9. I.I. Donchev, T.S. Kavetsky, O.R. Mushynska, O.V. Zubrytska, I.V. Briukhovetska, A.M. Pryima, H.Y. Kovalchuk, N.K. Hoivanovych, L.M. Kropyvnytska, Y.Y. Pavlyshak, T.B. Skrobach, G.M. Kossak, V.I. Stakhiv, S.S. Monastyrska, A.E. Kiv. Computer model of track biosensor. *Semicond. Phys. Quant. Electron. Optoelectron*. 2022. Vol. 25(4). P. 441-445.
10. I. Donchev, Y. Bondaruk, D. Dyachok, L. Pan'kiv, I. Pan'kiv, Y. Kukhazh, O. Mushynska, O. Zubrytska, T. Kavetsky, D. Fink, A. Kiv. Computer modeling of biological contaminants in a track biosensor. *Acta Carpathica*. 2022. Vol. 1(37). P. 5-13.
11. I. Donchev, Y. Bondaruk, D. Fink, T. Kavetsky, M. Kushniyazova, L. Pan'kiv, Y. Kukhazh, O. Mushynska, O. Zubrytska, A. Vinkovskaya, D. Dyachok, A. Kiv. Optimization of ion track characteristics in a track biosensor. *Acta Carpathica*. 2022. Vol. 2(38). P. 31-37.

УДК 332.142.6:502.131.1(043.3)

DOI <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.1.9>

Любов Григорівна Квасній,

кандидат економічних наук, професор кафедри математики та економіки
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
orcid.org/0000-0001-5248-544X, e-mail: lg_k@ukr.net

Світлана Ярославівна Волошанська,

кандидат біологічних наук доцент кафедри біології та хімії
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
orcid.org/0000-0003-4589-6376, e-mail: svitlana.voloshanska@gmail.com

Василина Олександрівна Колос,

старший викладач кафедри соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін
Прикарпатський інститут імені Михайла Грушевського ПрАТ «ВНЗ «МАУП», Україна
orcid.org/0000-0002-6240-5412, e-mail: maup_truskavets@ukr.net

Оксана Семенівна Поясник,

старший викладач кафедри менеджменту організацій, економіки та підприємництва,
Прикарпатський інститут імені Михайла Грушевського ПрАТ «ВНЗ «МАУП», Україна
orcid.org/0000-0003-2525-0500, e-mail: maup_truskavets@ukr.net

Галина Ігорівна Сисин,

старший викладач кафедри менеджменту організацій, економіки та підприємництва
Прикарпатський інститут імені Михайла Грушевського ПрАТ «ВНЗ «МАУП», Україна
orcid.org/0000-0003-4957-1536, e-mail: maup_truskavets@ukr.net

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ПРИКАРПАТТЯ

Анотація. У статті досліджено основні еколого-економічні аспекти розвитку Прикарпатського регіону, визначено основні екологічні проблеми Львівщини та Івано-Франківщини та запропоновано можливі шляхи їх подолання. Наведено основні показники еколого-економічного розвитку областей Прикарпаття у Екологічному рейтингу регіонів України за 2022 рік. Зазначено, що Чернівецька область займає лідируючі позиції в екологічному рейтингу регіонів України протягом 2021–2022 років. Обґрунтовано, що оскільки екологічна ситуація в Україні в цілому, і в Прикарпатському регіоні зокрема, є особливо складною, забруднення навколишнього середовища, повітря, водоймищ і ґрантів наносить непоправну шкоду здоров'ю людей. Доведено, що взаємозв'язок між економікою та екологією стає все більш очевидним і вимагає комплексного підходу до розв'язання цієї проблеми. Обґрунтовано завдання, які потребують негайного вирішення для подолання наявних екологічних проблем в регіоні. Акцентовано увагу на доцільності використання відновлювальних джерел енергії як важливого елемента еколого-економічного розвитку, що дозволить зменшити залежність від імпортованої нафти та газу, зменшити викиди парникових газів та забезпечити стійкий розвиток економіки Прикарпатського регіону. Наголошено, що окремим аспектом еколого-економічного розвитку є забезпечення екологічної безпеки та контроль за викидами забруднюючих речовин. В результаті проведеного наукового дослідження встановлено, що в майбутньому економічний

розвиток Прикарпатського регіону повинен бути сталим, тобто повинен забезпечити належний рівень економічного зростання, не порушуючи екологічні рівноваги. Тому для цього необхідно розробляти ефективні плани розвитку, що передбачають захист довкілля та раціональне використання усіх наявних ресурсів.

Ключові слова: екологічні проблеми, регіон Прикарпаття, сталий економічний розвиток, збереження навколишнього середовища, захист довкілля, раціональне природокористування.

ВСТУП

Європейський союз активно проводить втілення Європейського зеленого курсу, який сприятиме переведенню всіх галузей людської діяльності на рейки сталого розвитку. На сучасному етапі економічних відносин в Україні спостерігаються значні протиріччя між розвитком економіки та станом довкілля, що спонукає до пошуку стратегічних рішень в плані управління соціально-економічним розвитком країни з урахуванням екологічного фактору. На сьогоднішній день екологічна ситуація в Україні надзвичайно складна. Природне середовище в більшості областей дуже забруднене. Так, викиди з підприємств у розрахунку на 1 кв км площі становлять приблизно 6,5 тонн. Забруднення від підприємств наносить непоправну шкоду здоров'ю людей. За останні 20 років наше розуміння біорізноманіття суттєво розвинулося: від сфери спостережень і опису, яка колись здебільшого була віднесена до сфери природничої історії, до сфери, яка охоплює економіку, екологію, генетику та природничі науки.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Об'єктом дослідження були еколого-економічні аспекти розвитку Прикарпаття, спрямовані на забезпечення екологічно сталого розвитку регіону. Методологічною основою написання статті є методи наукового пізнання, зокрема, діалектичний метод, метод порівняльний та групувань - у процесі оцінки екологічного та соціально-економічного розвитку окремих областей Прикарпатського регіону, фундаментальні положення загальної економічної теорії, дослідження в галузі економіки природокористування та охорони навколишнього середовища.

РЕЗУЛЬТАТИ

Розвиток регіону з еколого-економічної точки зору означає збалансований підхід до забезпечення економічного зростання та збереження навколишнього середовища. У зв'язку зі зростанням свідомості людей про вплив господарської діяльності на довкілля, екологічний аспект став значущим фактором у плануванні та розвитку регіонів. За результатами опитування, «в Україні серед екологічних проблем, якими найбільше переймаються респонденти – забруднення водойм та дефіцит питної води (51,0%), зростання кількості побутових та промислових відходів (45,9%) та забруднення атмосферного повітря (38,1%)» [1].

Еколого-економічні аспекти розвитку регіону пов'язані з балансуванням збереження між навколишнім середовищем та забезпеченням економічного зростання в цьому регіоні. Розвиток регіону з еколого-економічної точки зору є важливою складовою сталого розвитку.

Основні аспекти еколого-економічного розвитку включають:

1. Збалансування використання ресурсів. Важливо забезпечити раціональне використання ресурсів, щоб забезпечити економічний розвиток регіону, не шкодячи довкіллю. Для цього необхідно розробляти та впроваджувати екологічно чисті технології та процеси.

2. Збереження природних ресурсів. Важливо зберегти біорізноманіття та забезпечити сталий розвиток природних ресурсів, таких як ліси, річки, підстави тощо. Для цього необхідно розвивати систему охорони природних ресурсів та контролювати їх використання.

3. Створення робочих місць. Економічний розвиток регіону повинен забезпечувати створення нових робочих місць та підвищення доходів населення. При цьому необхідно забезпечити екологічну безпеку промислових підприємств та контролювати їх вплив на довкілля.

4. Розвиток інфраструктури. Важливо розвивати інфраструктуру регіону, зокрема, транспортну та енергетичну, забезпечувати її екологічну безпеку та використання енергоефективних технологій.

5. Розвиток туризму. Туризм може стати важливою галуззю економіки Прикарпатського регіону. Попри повномасштабне вторгнення окупантів на українські землі – туристична галузь Прикарпаття розвивається та постійно вдосконалює базу маршрутів, гідів та нових ідей для Вуличних музеїв, експонатами яких систематично поповнюються вулиці прикарпатських міст.

Для прикладу, задля покращення якості надання екскурсійних послуг – Туристично-інформаційний центр прикарпатського міста Дрогобича спільно із Трускавецьким інформаційно-курортним центром проводять сертифіковані навчання для гідів регіону.

Такі навчання вкрай потрібні, оскільки сьогодні в Туристично-інформаційний центр міста Котермака відвідувачі звертаються не лишень за екскурсіями, але й інформацією стосовно нових цікавих туристичних маршрутів в регіоні, гідами, які можуть їх провести, цікавляться місцями, де можна смачно перекусити екологічно-чистою їжею прикарпатського краю тощо.

Розвиток регіону потребує уваги до еколого-економічних аспектів, оскільки останні впливають на здоров'я населення та довкілля. На вищому рівні еколого-економічні аспекти розвитку регіону можуть включати в себе такі завдання для негайного вирішення:

1. Оцінка впливу на довкілля. Це включає оцінку впливу на повітря, воду та підстави в регіоні, а також населення та дикорослу флори та фауни. Ця оцінка може бути важливою для забезпечення ефективного управління регіональними ресурсами.

2. Екологічна забудова. Розвиток регіону повинен проводитися в межах забудови, що забезпечує екологічну стійкість та збереження природних ресурсів. Це може включати в себе планування території, дизайн будівель та створення зелених зон.

3. Відновлена енергетика. Розвиток відновлюваної енергетики може бути ключовим еколого-економічним аспектом розвитку регіону. Відновлена енергетика може забезпечити стійкий розвиток, зменшити вплив на довкілля та зменшити витрати на енергетику.

4. Екологічна освіта та свідомість населення. Важливо, щоб місцеве населення розуміло важливість екологічних аспектів розвитку регіону та були готові до змін. Навчання та освіта можуть включати в себе відповідне споживання та відновлювану енергетику.

5. Екологічні інновації. Інновації можуть забезпечити підтримку сталого розвитку та зменшити вплив на довкілля.

Проведені статистичні дослідження показують, що за 2022 рік Львівська область опинилася на 21 місці – одному з останніх місць в екологічному рейтингу серед 25 областей України, набравши лише 2,36 бала. Івано-Франківська область зайняла 14 місце в рейтингу, набравши 8,25 балів. Для порівняння, у 2021 році і Львівська, і Івано-Франківська область займали 16-18 місце. Чернівецька область займає лідерську 2 позицію в екологічному рейтингу за показниками якості повітря, рівень забруднення атмосфери тут щорічно знижується. Для порівняння, у 2021 році область займала 1 місце в рейтингу. За даними екологів, спостерігається скорочення кількості підприємств, які мають дозвіл на викиди забруднювальних речовин в атмосферу. Звалища залишаються головною екологічною проблемою області, але й тут є позитивні зрушення. У 2021 році Чернівці почали заробляти гроші на сортуванні побутових відходів. Тепер сортування сміття на Чернівецькому полігоні та подальшою реалізацією вторинної сировини займається ліцензована компанія, яка сплачує податки. Поки що сортування відбувається вручну, але вже цього року планують купити сучасну сортувальну лінію за 8,5 млн грн. [2]. На наступному етапі в обласному центрі збираються встановити контейнери для роздільного збору твердих побутових відходів.

В таблиці 1 наведено основні показники еколого-економічного розвитку областей Прикарпаття у Екологічному рейтингу регіонів України за 2022 рік.

Таблиця 1

Основні показники еколого-економічного розвитку областей Прикарпаття у Екологічному рейтингу регіонів України у 2022 році

Область	Викиди забруднюючих речовин в атмосферу у 2020, т/кв.км	Утворення відходів 1-11 класів небезпеки у 2020р, кг/кв.км	Утворення відходів у цілому (1-4 класів небезпеки), т/кв.км	Обсяг забруднених стічних вод, м.куб / кв.км	Загальний бал / місце
Львівська	6,8	-14,6	55,0	143,0	2,36 / 21
Івано-Франківська	17,0	-10,2	359,0	124,2	8,25 / 14
Чернівецька	26,0	-11,3	-	25,8	19,46 / 2

Джерело: складено на основі даних [2; 3]

Основними екологічними проблемами Львівщини та Івано-Франківщини в рейтинговому дослідженні названо: незаконну вирубку лісу; санітарні рубки понад встановлені законодавством ліміти, забруднення річок, утилізація відходів й екологічні втрати від діяльності гірничої промисловості. Проте одними із пріоритетів Програми охорони навколишнього середовища на 2021–2025 роки на Львівщині визначено розвиток природно-заповідного фонду, збереження біологічного та ландшафтного різноманіття.

Проблемою виявилось й те, що протягом I півріччя 2022 року фінансування природоохоронних заходів у Львівській області не здійснювалось, оскільки щороку на реалізацію природоохоронних цілей та завдань на Львівщині виділяється все менша сума коштів [2].

Однією зі складових еколого-економічного розвитку регіону є збереження біорізноманітності та збалансоване використання природних ресурсів. Навколо біопалива як багатообіцяючого відновлюваного джерела енергії та кліматичної альтернативи викопному паливу вже давно точаться суперечки. Дослідження показали, що розширення світового виробництва біопалива призведе до зменшення ВВП на глобальному рівні з різним впливом на національний або регіональний ВВП. У таких країнах, як Бразилія, Аргентина, Таїланд та Індонезія, спостерігатиметься зростання ВВП, тоді як у таких країнах, як США, Китай та Індія, ВВП впаде.

Однак біопаливо може мати негативний вплив на навколишнє середовище та біорізноманіття через такі причини, як зміна землекористування (наприклад, вирубка лісів) і використання хімічних добрив та пестицидів. Біопаливо також конкурує за ресурси, необхідні для прогодування населення зі змінними моделями споживання, особливо в останні роки, коли маємо переміщення населення з територій ведення бойових дій у західні області України.

Проте розумне використання земельних, водних та лісових ресурсів може піти на користь стійкого розвитку регіону та забезпечення економічного благополуччя на довгий термін.

Також важливим елементом еколого-економічного розвитку є використання відновлювальних джерел енергії, що дозволяє зменшити залежність від імпортованої нафти та газу, зменшити викиди парникових газів та забезпечити стійкий розвиток економіки регіону.

Окремим аспектом еколого-економічного розвитку є забезпечення екологічної безпеки та контроль за викидами забруднюючих речовин. Це можливо за допомогою застосування сучасних технологій та забезпечення ефективної системи моніторингу та контролю за станом довкілля.

Таким чином, розвиток регіону з еколого-економічної точки зору є місцевим завданням, що дозволяє забезпечити економічне зростання та стійкий розвиток, зберігаючи при цьому чистоту навколишнього середовища.

Розвиток Прикарпатського регіону пов'язаний з численними еколого-економічними проблемами, які впливають на економічну, соціальну та екологічну стійкість.

Еколого-економічні проблеми розвитку регіону можуть бути максимально пов'язані з конкретною територією в межах певної області. Але загалом, це можуть бути проблеми, пов'язані з недостатньою ефективністю використання природних ресурсів, забрудненням довкілля, порушенням балансу природних екосистем, а також недостатнім розвитком економіки та інфраструктури.

Одна з основних екологічних проблем Прикарпаття може бути забруднення повітря, води та викиди в атмосферу в результаті промислової діяльності, використання транспорту та інших факторів. Це може мати негативний вплив на здоров'я людей та тварин, а також на екосистему в цілому.

До економічних проблем Прикарпаття може відноситись недостатній рівень інвестицій, обмежені можливості розвитку підприємництва та транспортної інфраструктури, нестабільність економічного середовища, забруднення довкілля, включаючи забруднення повітря, води, що може негативно впливати на здоров'я людей та тварин, знижувати якість продуктів харчування та негативно впливати на екосистеми.

Ці проблеми можуть спричинити недостатній розвиток Прикарпатського регіону, що у свою чергу, може мати негативний вплив на екологію регіону.

Заходи по зменшенню викидів шкідливих речовин і збереження природних ресурсів можуть допомогти зменшити ці проблеми і запобігти руйнуванню екосистеми регіону. В цілому, розв'язання еколого-економічних проблем розвитку регіону на сьогоднішній час є складним завданням, яке потребує спільних зусиль влади, бізнесу та громадськості.

ВИСНОВКИ

Еколого-економічні аспекти розвитку регіону пов'язані зі балансуванням збереження між навколишнім середовищем та забезпеченням економічного зростання в цьому регіоні.

Наша здатність переломити довгострокову тенденцію деградації біорізноманіття залежить від постійної відданості широким міждисциплінарним дослідженням. Науковцями доведено, що «недосконалість на загальнодержавному та регіональному рівнях стратегії, механізмів та інструментів, спрямованих на досягнення збалансованості екологічних та соціально-економічних систем, гальмує процеси переходу до сталого розвитку» [4]. Тому необхідно продовжувати підтримувати фундаментальні дослідження, що стосуються політики, що допомагає сформувати нашу спільну відповідь на загострення глобальної кризи.

Економічний розвиток регіону повинен бути сталим, тобто забезпечити належний рівень економічного зростання, не порушуючи екологічні рівноваги. Для цього необхідно розробляти ефективні плани розвитку, що передбачають захист довкілля та раціональне використання ресурсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічні проблеми в Україні та напрями їх вирішення. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/12/31-1.pdf>.
2. Екологічний рейтинг областей України 2022 – Focus.ua. URL: <https://focus.ua/uk/ratings/504721-ekologicheskij-rejting-oblastey-ukrainy-2021>.
3. Львівщина посіла одне з останніх місць у рейтингу... URL: <https://varianty.lviv.ua/92568-lvivshchyna-posila-odne-z-ostannikh-mists-v-ekolohichnomu-reitynhu-oblastei-2022-roku>.
4. Шкарупа О.В., Карінцева О.І. Механізм формування та реалізації системи еколого-соціально-економічних показників в умовах екологічно сталого розвитку регіону. *Економіка природокористування і охорони довкілля*: Збірник наук. праць НАН України; Рада по вивченню продуктивних сил України. Київ, 2006. С. 368–374.

REFERENCES

1. 1.Ekolohichni problemy v Ukraini ta napriamy yikh vyrishennia [Environmental problems in Ukraine and ways to solve them]. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/12/31-1.pdf> [in Ukrainian]
2. Ekolohichni reitynh oblasti Ukrainy [Ecological rating of regions of Ukraine]. 2022. Focus.ua. URL: <https://focus.ua/uk/ratings/504721-ekologicheskij-rejting-oblastey-ukrainy-2021> [in Ukrainian]
3. Lvivshchyna posila odne z ostannikh mists u reitynhu [Lviv region took one of the last places in the ranking]. URL: <https://varianty.lviv.ua/92568-lvivshchyna-posila-odne-z-ostannikh-mists-v-ekolohichnomu-reitynhu-oblastei-2022-roku> [in Ukrainian]

4. Shkarupa, O.V., & Karintseva, O.I. (2006). Mekhanizm formuvannia ta realizatsii systemy ekoloho-sotsialno-ekonomichnykh pokaznykiv v umovakh ekolohichno staloho rozvytku rehionu [The mechanism of formation and implementation of the system of ecological, social and economic indicators in the conditions of ecologically sustainable development of the region]. *Ekonomika pryrodokorystuvannia i okhorony dovkillia: Zbirnyk nauk. prats NAN Ukrainy; Rada po vyychenniu produktyvnykh syl Ukrainy*. 368-374. [in Ukrainian]

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF THE CARPATHIAN REGION

The article examines the main ecological and economic aspects of the development of the Carpathian region, defines the main environmental problems of Lviv region and Ivano-Frankivsk region, and suggests possible ways to overcome them. The main indicators of the ecological and economic development of the Carpathian regions in the Ecological rating of the regions of Ukraine for 2022 are given. It is noted that the Chernivtsi region occupies a leading position in the ecological rating of the regions of Ukraine during 2021–2022. It is substantiated that since the ecological situation in Ukraine as a whole, and in the Carpathian region in particular, is particularly difficult, pollution of the environment, air, water bodies and grants causes irreparable damage to people's health. It has been proven that the relationship between the economy and ecology is becoming more and more obvious and requires an integrated approach to solving this problem. The tasks that require immediate solutions to overcome existing environmental problems in the region are substantiated. Attention is focused on the expediency of using renewable energy sources as an important element of ecological and economic development, which will reduce dependence on imported oil and gas, reduce greenhouse gas emissions and ensure sustainable development of the economy of the Carpathian region. It was emphasized that a separate aspect of ecological and economic development is the provision of environmental safety and control over emissions of pollutants. As a result of the conducted scientific research, it was established that in the future the economic development of the Carpathian region should be sustainable, that is, it should ensure the appropriate level of economic growth without disturbing the ecological balance. Therefore, it is necessary to develop effective development plans that provide for environmental protection and rational use of all available resources.

Key words: environmental problems, the Carpathian region, sustainable economic development, environmental protection, environmental protection, rational nature management.

УДК 332.1:502.131.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.1.10>

Олена Іванівна Наумовська,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувачка кафедри екології агросфери та екологічного контролю
Національний університет біоресурсів і природокористування, Україна
orcid.org/0000-0002-8737-3568, e-mail: el.naumovskaya@gmail.com

Алла Володимирівна Клепко,

доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, завідувачка кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності,
Національний університет біоресурсів і природокористування, Україна
orcid.org/0000-0002-7061-453X, e-mail: alla.klepko@gmail.com

Валерія Іванівна Бондарь,

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності
Національний університет біоресурсів і природокористування, Україна
orcid.org/0000-0002-8737-3568, e-mail: ndiego@ukr.net

Володимир Миколайович Боголюбов,

доктор педагогічних наук, професор кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності
Національний університет біоресурсів і природокористування, Україна
orcid.org/0000-0001-5181-6892, e-mail: volbog@ukr.net

ОЦІНЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕХОДУ СІЛЬСЬКИХ ГРОМАД ДО СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Анотація. Процес переходу сільських громад до сталого розвитку розглядається в контексті безпеки та якості життя мешканців села. У статті обґрунтовується шляхи оцінювання процесу переходу сільських об'єднаних територіальних громад до сталого розвитку. При цьому вважається доцільним врахувати національні завдання та індикатори їх виконання, визначені у 17-ти Національних Цілях сталого розвитку до 2030 року. Особлива увага приділена системі економічних та соціально-екологічних показників, які можна отримати з державних статистичних звітів. Для врахування регіональних особливостей звертається увага на розвиток регіональних автоматизованих систем моніторингу довкілля, зокрема і на територіях сільських громад. Розроблено комплекс оціночних показників для оцінювання ефективності процесу переходу сільських територіальних громад до сталого розвитку. До обов'язкових для використання оціночних показників рекомендовано такі: показник оцінки балансу вуглецю на основі прогнозованих величин; відсоток площ, зайнятих органічним виробництвом; доступ до централізованого водопостачання і водовідведення; співвідношення нестабільних факторів (рілля, сади) до стабільних (луки, ліси); частка території та об'єктів природно-заповідного фонду; площа лісо-вкритих територій. Рівень радіаційної безпеки оцінюється потужністю дози гамма-випромінювання, сумарною бета-активністю та вмістом радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr в атмосферних опадах, а також сумарною бета-активністю та вмістом ^{137}Cs і ^{90}Sr у ґрунтах та поверхневих водах. З метою активізації процесів переходу до сталого розвитку сільських громад запропоновано

активізувати впровадження принципів збалансованого землекористування та вдосконалити систему поводження з твердими побутовими відходами. Вважаємо також, що необхідно забезпечити організацію і проведення моніторингу досягнення Цілей сталого розвитку сільських громад.

Ключові слова: цілі сталого розвитку, об'єднані територіальні громади, показники, стан довкілля.

ВСТУП

Адміністративно-територіальна реформа (з 2015 до 2020 року) сприяла створенню в Україні нових об'єднаних територіальних громад із суттєво розширеними можливостями органів місцевого самоврядування (децентралізація) і зміні адміністративно-територіального поділу [1]. Першочергова мета реформи полягала у забезпеченні зростання рівня і якості життя селян та розширеного відтворення чисельності населення сільської громади. Результати впровадження реформи вказують на суттєве покращення розвитку сільських територій, зокрема, "на вирішення проблем комунікації та співпраці влади, місцевого бізнесу, громадськості для подальшого розвитку громади" [2]. Є всі підстави вважати, що у подальшому ця реформа сприятиме стимулюванню переходу до сталого сільського розвитку і позитивно вплине як на рівень життя населення, так і на поліпшення екологічного стану довкілля. Таким чином, переведення сільських населених пунктів на принципи сталого розвитку можна вважати актуальним завданням у розбудові держави. При цьому варто підкреслити, що вираз "сталий розвиток" відноситься саме до суспільства (громади), а не до території чи виробничої галузі. Тому рекомендуємо вираз "сталий розвиток сільських територій" розуміти як розвиток сільських територій на засадах сталого сільського розвитку. Але процес переходу суспільства в цілому, чи сільської громади, зокрема, до сталого розвитку обов'язково має супроводжуватись дотриманням принципів збалансованого природокористування.

За результатами попередніх досліджень було визначено пріоритетні показники та обґрунтовано систему індикаторів сталого розвитку сільських громад, що ґрунтуються на встановлених національних Цілях сталого розвитку до 2030 року (далі – ЦСР) [3].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Об'єктом дослідження був процес оцінювання показників сталого розвитку сільської громади. Дослідження проводилось аналітично-порівняльним методом аналізу статистичних даних Державного управління статистики України. Для оцінювання процесу переходу сільської громади до сталого розвитку використано системний підхід, коли територія сільської громади розглядалась як складно організована агроєкосистема.

РЕЗУЛЬТАТИ

Воєнні дії, що й досі тривають в Україні, призводять не тільки до руйнування довкілля та економіки країни, але й погіршення якості життя населення. Міністр захисту довкілля та природних ресурсів України орієнтовно оцінює мінімальний розмір збитків за 10 місяців війни у сумі 38 млрд. доларів США [4].

До першочергових кроків з відновлення стану агроєкосистем є обґрунтування системи оцінювання реальної шкоди, що дасть змогу формувати безпечний стан

агроекосистем. За даними Державної екологічної інспекції внаслідок воєнних дій у атмосферне повітря потрапили сотні тонн нафтопродуктів і тисячі кубічних метрів отруйних речовин. Пріоритетними у сфері охорони атмосферного повітря і довкілля в цілому, вважаємо вдосконалення системи моніторингу довкілля шляхом імплементації стандартів ЄС до нормативно-правової бази України.

В ухваленому Верховною Радою України проекті Закону №7327 пропонується модернізація державної системи моніторингу довкілля шляхом змін і доповнень у 18-ти законодавчих актах України [5]. Зокрема, у Законі України "Про охорону навколишнього природного середовища" [6] пункт є) статті 10 розширено таким чином, що екологічні права громадян мають забезпечуватися шляхом "створення... **загальнодержавної екологічної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи**", яка не тільки надає доступ до екологічної інформації, але й **забезпечує прийняття управлінських рішень**. Виконання всіх норм цього Закону сприятиме розвитку регіональних автоматизованих систем моніторингу довкілля, зокрема і на територіях сільських громад [7].

Економічна діяльність людини є потужним фактором кліматичних змін, які пов'язують з емісією газів, що утворюються при згоранні енергоносіїв і є головною причиною парникового ефекту. Після прийняття у 2015 році Паризької кліматичної угоди в Україні було затверджено Концепцію реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року [8], де закріплено політику протидії змінам клімату шляхом мінімізації викидів парникових газів і перехід на низьковуглецевий шлях розвитку економіки. Проектом Стратегії низьковуглецевого розвитку України також передбачено скорочення викидів у секторі землекористування [9]. Єдиним індикатором на національному рівні досягнення завдання 13.1 ЦСР 13 визначено показник «Обсяг викидів парникових газів, % до рівня 1990 року». Оскільки використання цього показника на рівні ОТГ є проблематичним, запропоновано використовувати *показник оцінки балансу вуглецю* на основі прогнозованих величин.

Останнім часом на кліматичні впливи реагують шляхом обмеження (мінімізації) викидів парникових газів або ж шляхом адаптації (приспосування) до кліматичних змін [10]. Стратегія обмежень спрямована на зменшення обсягів викидів парникових газів в атмосферу, а стратегія адаптації вимагає урахування всіх ефектів від зміни клімату і має забезпечити максимально безболісну трансформацію всіх виробничих процесів, а також пристосування життя сільського населення до нових кліматичних умов. Найбільш ефективно пом'якшення впливу змін клімату можна реалізувати при впровадженні технологій органічного виробництва завдяки синергії стратегій обмеження та адаптації. Численні дослідження підтверджують, що органічне виробництво забезпечує збалансованість між використанням природних ресурсів і їх практично одночасним відновленням, а також підвищує стійкість агроекосистем [11, 12].

Адаптація до екстремальних погодних явищ, пов'язаних із кліматом, та реагування на них потребують ефективної системи моніторингу, інтегрованої в систему управління надзвичайними ситуаціями, а також довгострокового адаптаційного планування, інтегрованого у процес ухвалення управлінських рішень. Стабільне та постійне ресурсне забезпечення мереж моніторингу довкілля є ключовим елементом формування готовності та швидкого й ефективного реагування. Розуміння поточного

й майбутнього впливу на громадян України потребує актуальної інформації про демографічні показники населення (де проживають люди, якого впливу вони зазнають), а також достовірних даних про стан природних ресурсів України [13]. Таким чином, об'єктивним показником досягнення ЦСР можна вважати *відсоток площ, зайнятих органічним виробництвом*, на території ОТГ.

Водні ресурси. Одним із найважливіших природних ресурсів без якого неможлива життєдіяльність людини є питна вода. Від її якості залежить здоров'я як окремого громадянина, так і цілої нації. Саме тому питання безпеки та якості питної води є актуальним на рівні кожної адміністративної одиниці та держави в цілому (ЦСР 6 «Чиста вода та належні санітарні умови»).

Джерелом питного водопостачання жителів України на 80 % є поверхневі джерела і на 20 % – підземні. Вирішальними чинниками санітарного та епідеміологічного благополуччя населення є екологічний стан поверхневих вод. В останні роки спостерігається закономірне погіршення якості води, обумовлене забрудненням водних об'єктів, технологічною неспроможністю систем очистки та природно-кліматичними факторами [14].

На кінець 2020 року якість проб питної води з сільських водогонів не відповідала вимогам за санітарно-хімічними показниками у 26,9% відібраних проб та за мікробіологічними показниками – у 13,8%. З джерел нецентралізованого водопостачання не відповідали санітарним вимогам: за санітарно-хімічними показниками 32,6% досліджених проб та за мікробіологічними показниками – 22,6% [15].

Виходячи з вище зазначеного доцільно до об'єктивних показників досягнення Цілей сталого розвитку можна віднести *відсоток мешканців ОТГ, які мають доступ до централізованого водопостачання і водовідведення*.

Земельні ресурси. Створення екологічно збалансованих ландшафтів вважається одним з найбільш ефективних заходів для боротьби з *деградацією ґрунтів* та пом'якшення наслідків змін клімату [16]. Одним із напрямків раціонального використання деградованих і малопродуктивних ґрунтів є вилучення їх із інтенсивного обробітку та подальша консервація. Для екологізації агропромислового комплексу необхідна оптимізація співвідношення земельних угідь, як основи їхньої охорони й відновлення [17]. При цьому, оптимальною вважається ситуація, коли *співвідношення нестабільних факторів (рілля) до стабільних (луки, ліси) менше одиниці*.

Збалансоване використання земель є одним з найважливіших компонентів, що стосується більшості ЦСР. Досягнення нейтрального рівня деградації земель (далі – НРДЗ), визначене як одне із завдань ЦСР15, дозволить відновити продуктивність земель і є природним способом вирішення багатьох проблем, до яких належить продовольча і водна безпека. Збереження продуктивності земельних ресурсів забезпечить збереження екосистемних послуг для задоволення потреб нинішнього та майбутніх поколінь [18]. Ці послуги та функції також використовуються для підтримки та покращення продуктивності і підвищення стійкості земельних ресурсів і населення, яке від них залежить.

Радіаційна безпека. Важливою екологічною проблемою України є радіоактивне забруднення значних територій, в тому числі і сільськогосподарських, що може призводити до збільшення дози внутрішнього опромінення населення [19, 20]. Через трофічні ланцюги радіонукліди з ґрунту досить швидко переходять в організм людини. Радіаційний стан території України оцінюється потужністю дози гамма-

випромінювання, сумарною бета-активністю та вмістом радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr в атмосферних опадах, а також радіоактивністю ґрунтів і поверхневих вод (сумарна бета-активність та вміст ^{137}Cs і ^{90}Sr).

Оскільки доза опромінення населення формується переважно внаслідок споживання харчової продукції (до 95% від загальної), отриманої на радіоактивно забруднених територіях, забруднені продукти харчування залишатимуться головним джерелом радіаційної небезпеки. У зв'язку з цим зростає роль радіаційного моніторингу і контролю вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції. Результати моніторингових досліджень ефективні, якщо їх використовують для прийняття управлінських рішень для відновлення радіаційно забруднених територій. На таких присадибних ділянках селян рекомендується виконувати такі заходи [21]:

- вносити один раз на 5 років вапно з розрахунку 25 - 50 кг на 100 м²;
- кожен рік вносити мінеральні добрива з розрахунку на 100 м² до 3 кг суперфосфату, 4 кг хлористого калію і 2 кг аміачної селітри.

Органічні відходи. Одним з шляхів вирішення еколого-економічних проблеми територіального розвитку є мінімізація негативного впливу *відходів* на довкілля. На територіях ОТГ найбільш економічно доцільним і екологічно ефективним є зменшення обсягів утворення відходів і збільшення обсягів їх переробки та повторного використання, що відповідає одному з головних принципів сталого розвитку – "*принципу сталого споживання*".

Однією з Цілей сталого розвитку до 2030 року (ЦСР) є запровадження моделі циркулярної економіки та виробництва (замкнений життєвий цикл продукції і сировини)¹ [22]. На державному рівні наміри нашої держави підтверджуються прийняттям Національної Стратегії управління відходами до 2030 року [23]. Стратегія передбачає *мінімізацію утворення відходів шляхом більш раціонального використання продуктів, матеріалів і ресурсів впровадженням моделі замкнутого циклу виробництва і споживання*. При цьому, головні напрями державного регулювання у сфері поводження з відходами узгоджуються з Рамковою директивою 2008/98/ЄС; Директивою Ради 1999/31/ЄС «Про захоронення відходів» і Директивою 2006/21/ЄС «Про управління відходами видобувних підприємств».

Важливим фактором, що сприятиме оздоровленню довкілля вважається підвищення рівня екологічної свідомості і обізнаності населення щодо сортування сміття в спеціальних місцях їх утворення. Екологічне просвітництво і заходи із заохочення місцевого населення до сортування побутових відходів поліпшить стан території сільського населеного пункту і прилеглих територій.

Біорізноманіття. Збереження біологічного різноманіття є необхідною умовою збереження стійкості біосфери і запорукою виживання людства. В Україні історично сформувався досить високий рівень рослинного і тваринного різноманіття (за оцінками експертів описано більше 70 тис. видів). Це обумовлено існуванням в Україні 4-х природно-кліматичних зон перехрестям міграційних маршрутів багатьох видів тварин. Відсоток фактичної площі природно-заповідного фонду станом на 01.01.2021 року становив 6,8% [24]. Оціночним показником може бути *співвідношення площі територій та об'єктів природно-заповідного фонду до загальній площі території ОТГ у відсотках*, а також показник лісистості території (площа лісовкритих територій).

¹ Ціль 12 - забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва;

ВИСНОВКИ

Системні дослідження з екологічного оцінювання та моніторингу стану довкілля дозволяють рекомендувати наступний комплекс оціночних показників для оцінювання ефективності процесу переходу сільських територіальних громад до сталого розвитку:

1. Оскільки використання показника «Обсяг викидів парникових газів, % до рівня 1990 р.» на рівні ОТГ є проблематичним, запропоновано використовувати показник оцінки балансу вуглецю на основі прогнозованих величин (ЦСР 13, завдання 13.1).

2. Відсоток площ, зайнятих органічним виробництвом, у загальній площі сільськогосподарських територій ОТГ % (ЦСР2, завдання 2.3.3; ЦСР15, завдання 15.3.4);

3. Відсоток мешканців ОТГ, які мають доступ до централізованого водопостачання і водовідведення (ЦСР 6, завдання 6.1.5 і 6.2.1);

4. Ступінь екологізації агропромислового комплексу може визначатись співвідношенням нестабільних факторів (рілля, сади) до стабільних (луки, ліси) (ЦСР15).

5. Рівень радіаційної безпеки оцінюється потужністю дози гамма-випромінювання, сумарною бета-активністю та вмістом радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr в атмосферних опадах, а також сумарною бета-активністю та вмістом ^{137}Cs і ^{90}Sr у ґрунтах та поверхневих водах (ЦСР15, завдання 15.3).

6. Співвідношення обсягів утворення відходів до обсягів їх переробки та повторного використання (ЦСР12, завдання 12.4);

7. Частка територій та об'єктів природно-заповідного фонду у загальній площі території ОТГ, % (ЦСР15, завдання 15.1.2);

8. Площа лісо-вкритих територій, га (ЦСР15, завдання 15.2.1).

ЛІТЕРАТУРА

1. Баконіна О. Новий адміністративно-територіальний устрій: про зміни та їх можливі наслідки. ЛІГА ЗАКОН. URL: https://jurliga.ligazakon.net/news/197658_noviy-adminstrativno-teritorialniy-ustry-pro-zmni-ta-kh-mozhliv-naslidki
2. Сайт "ОТГ Всеукраїнська Асоціація". Кращі практики. Опис кращої практики "Слобожанська ТГ Дніпропетровська обл". URL: <https://www.wiki.hromady.org>
3. Національна доповідь "Цілі Сталого Розвитку: Україна". URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf>.
4. Сайт "ЕКО РАЙОН". Екологічні наслідки війни в Україні: що пишуть світові ЗМІ. URL: <https://eco.rayon.in.ua/blogs/551461-ekologichni-naslidki-viyni-v-ukraini-shcho-pishut-svitovi-zmi>.
5. Сайт "Екополітика". Верховна Рада ухвалила Законопроект №7327 "Про державну систему моніторингу довкілля" /. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/verhovna-rada-uhvalila-zakonoproiekt-7327-pro-derzhnistemu-monitoringu-dovkillya/>.
6. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища (в редакції 20.06.2022). URL: <https://ips.ligazakon.net/document/T126400?an=1>
7. Шляхи оптимізації системи моніторингу атмосферного повітря в Україні на регіональному рівні / В.М. Боголюбов, Б.Л. Голуб, Д.А.Сагайдак, Т.В. Марочкіна. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 25 травня 2023). Київ, НУБіПУ, 2023. С. 189-191.

8. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/932-2016-%D1%80#Text>.
9. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року (проект). URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs>
10. Шляхи зменшення негативного впливу опустелювання на землі сільськогосподарського призначення України в контексті зміни клімату / Н.А. Макаренко, О.О. Ракоїд, Р.П. Сахарчук, Л.П. Дзюба. К.: Аграр Медіа Груп, 2010. 38 с.
11. Makadia, J. J. Patel K. S. Prospects, status and marketing of organic products in India-A Review. *Agricultural Reviews*. 2015. Vol. 36, Issue 1. P. 73-76. DOI: 10.5958/0976-0741.2015.00009.
12. Ki Song Lee, Young Chan Choe, Sung Hee Park. Measuring the environmental effects of organic farming: A meta-analysis of structural variables in empirical research. *Journal of Environmental Management*. 2015. Vol. 162. P. 263-274.
13. Shevchenko H., Petrushenko M., Burkynskyi B., Khumarova, N. 'SDGs and the ability to manage change within the European green deal: The case of Ukraine' ARTICLE INFO. *Probl. Perspect. Manag.* 19, 2021.
14. Сайт порталу Labprice.ua / Першегуба Я. Стан питної води в Україні. URL: <https://labprice.ua/statti/stan-pitnoyi-vodi-v-ukrayini/>
15. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2020 році. URL: https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/01/2021_naczdopovid-za-2020.pdf.
16. Адаменко О.М., Адаменко М.О. Технології інженерно-екологічних досліджень. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. № 1. С. 168-195. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2017_1_25
17. Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової програми використання та охорони земель. Розпорядження КМУ від 19 січня 2022 р. № 70-р. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/kr220070?an=1>
18. Land Degradation Neutrality. URL: <https://www.thegef.org/topics/land-degradation-neutrality>
19. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи, у віддалений період (Рекомендації). За загальною редакцією академіка УААН Прістера Б.С. К.: Атіка, 2007. 196 с.
20. Jacob P, Fesenko S, Bogdevitch I et al. Rural areas affected by the Chernobyl accident: radiation exposure and remediation strategies. *Sci Total Environ*. 2009 Dec 15; 408(1): 14-25. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.09.006/
21. Концепція комплексного відновлення і розвитку територій зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи на 2021-2070 роки URL: <https://ecolog-ua.com/news/konceptsiya-kompleksnogo-vidnovlennya-i-rozvytku-terytoriy-zony-vidchuzhennya-i-zony-bezumovnogo/>
22. Указ Президента України "Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>.
23. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року (Розпорядження Кабінету Міністрів від 08.11 2017 року № 820-р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>
24. *Закон України* "Про природно-заповідний фонд України". URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs>

REFERENCES

1. Bakonina Olena. Novyi administratyvno-terytorialnyi ustrii: pro zminy ta ikh mozhlyvi naslidky [The new administrative-territorial system: about changes and their possible consequences]. Retrieved from https://jurliga.ligazakon.net/news/197658_noviy-adminstrativno-teritorialniy-ustry-pro-zmni-ta-kh-mozhliv-naslidki [in Ukrainian]
2. Sait "OTH Vseukrainska Asotsiatsiia" / Krashchi practicy // Opys Krashchoi practicy "Slobozhanska TH Dnipropetrovsra obl." [Best practices // Description of best practices "Slobozhanska TG Dnipropetrovsk Region"] Retrieved from <https://www.wiki.hromady.org>. [in Ukrainian]
3. Natsionalna dopovid "Tsili Staloho Rozvytku: Ukraina" [National report "Sustainable Development Goals: Ukraine"]. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf> [in Ukrainian].
4. Sait "Ekopolityka" / Ekolohichni naslidru viinov Ukraini: pro shcho pyzhut svitovi ZMI [Ecological consequences of the war in Ukraine: what the world mass media write]. Retrieved from <https://eco.rayon.in.ua/blogs/551461-ekologichni-naslidki-viyni-v-ukraini-shcho-pishut-svitovi-zmi> [in Ukrainian].
5. Sait "Ecopolityca" / Verkhovna Rada ukhvalula Zalonoproekt №7327 "Pro derzhavnu systemu monitorynhu dovkillya" [The Verkhovna Rada adopted Bill No. 7327 "On the state environmental monitoring system". Retrieved from <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/verhovna-rada-uhvalila-zakonoproiekt-7327-pro-derzhssystemu-monitoringu-dovkillya/> [in Ukrainian].
6. Zakon Ukrainy "Pro okhoronu navkolyshnoho seredovyscha" [The Law of Ukraine "On Environmental Protection" (as amended on June 20, 2022)] Retrieved from <https://ips.ligazakon.net/document/T126400?an=1> [in Ukrainian].
7. Bogoliubov V.M., Holub B.L., Sahaidak D.A., Marochkina T.V. (2023). Shliakhy optymizatsii systemy monitorynhy atmosferneho povitria v Ukraini na rehionalnomu rivni [Ways to optimize the atmospheric air monitoring system in Ukraine at the regional level]. V.M. Bogoliubov (Eds), *Prodovolcha ta ekolohichna bezpeka v umovakh viinu ta povoiennoi vidbudovu: vykyky dlz Ukrainy ta svitu – Food and environmental security in the conditions of war and post-war reconstruction: challenges for Ukraine and the world: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* (pp. 189-191)/ Kuiv: NULES [in Ukrainian].
8. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainu "Pro skhvalennia Kontsepcii realpzatcii derzhavnoi polityky u sferi zminy klimatu na period do 2030 roku" [Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On approval of the Concept of implementation of state policy in the field of climate change for the period up to 2030"]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/932-2016-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
9. Stratehia nyzkovuhletcevoho rozvitku Ukrainy do 2050 roku (proekt). [Low-carbon development strategy of Ukraine until 2050 (draft)]. Retrieved from <https://mepr.gov.ua › files › docs> [in Ukrainian].
10. Makarenko, N.A., Rakoid, O.O., Sakharchuk, R.P., Dziuba, L.P. *Shliakhy zmenshennia nehatyvnoho vplyvu opusteliuvannia na zemli silckohospodarskoho pryznachennia Ukrainu v konteksti zminy klimatu [Ways to reduce the negative impact of desertification on agricultural lands of Ukraine in the context of climate change]*. Kyiv: TOV „Agrar Media Grup”, 2010. 38 p. [in Ukrainian].
11. J. J. Makadia, K. S. Patel. Prospects, status and marketing of organic products in India-A Review. *Agricultural Reviews*. 2015. Vol. 36, Issue 1. P. 73-76. DOI: 10.5958/0976-0741.2015.00009 [in English].
12. Ki Song Lee, Young Chan Choe, Sung Hee Park. Measuring the environmental effects of organic farming: A meta-analysis of structural variables in empirical research. *Journal of Environmental Management*. 2015. Vol. 162. P. 263-274 [in English].

13. Shevchenko, H., Petrusenko, M., Burkynskiy, B. & Khumarova, N. 'SDGs and the ability to manage change within the European green deal: The case of Ukraine' ARTICLE INFO. *Probl. Perspect. Manag.* 19, 2021 [in English].
14. Sait portalu **Labprice.ua** (2016) / Pershehuba Ya. Stan putnoi vody v Ukraini [The state of drinking water in Ukraine]. Retrieved from <https://labprice.ua/statti/stan-pitnoyi-vodi-v-ukrayini/> [in Ukrainian].
15. Natsionalna dopovid pro yakist vody ta stan vodopostachannia v Ukraini u 2020 rotci (2021) [National report on the quality of drinking water and the state of drinking water supply in Ukraine in 2020]. Retrieved from https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/01/2021_naczdopovid-za-2020.pdf. [in Ukrainian].
16. O.M. Adamenko, M.O. Adamenko (2017). Tekhnolohii inzhenerno-ekolohichnykh doslidzhen [Technologies of engineering and ecological research] *Ekolohichna bezpeka ta zdalansovane resursokorystuvannia – Environmental safety and balanced resource use.* 1, 168-195. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2017_1_25/ [in Ukrainian].
17. Pro skhvalennia Kontsepcii Zahalnodержavnoi tcilovoi prohramy vykorystannia ta okhrony zemel (2022) [On the approval of the Concept of the National target program of land use and protection]. *Rozporiadzhennia KMU vid 19 sichnia 70-r – Order of the CMU* dated January 19, 70-r. Retrieved from <https://ips.ligazakon.net/document/kr220070?an=1> [in Ukrainian].
18. Land Degradation Neutrality. Retrieved from <https://www.thegef.org/topics/land-degradation-neutrality> [in English].
19. Vedennia silskohospodarskoho vyrobnytctva na terytoriyakh, zabrudnenykh vnaslidok Chornobylskoi katastrofy, u viddalenyi period. Rekomendacii (2007) [Conducting agricultural production in the territories contaminated by the Chernobyl disaster in the remote period (Recommendations)]. *Za zahalnoyu redakciyu akad. UAAN Pristera B.S. – Under the general editorship of Academician of the Academy of Sciences B. S. Priester.* Kyiv: Atika, 196 p. [in Ukrainian].
20. Jacob P, Fesenko S, Bogdevitch I et al. Rural areas affected by the Chernobyl accident: radiation exposure and remediation strategies. *Sci Total Environ.* 2009 Dec 15; 408(1): 14-25. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.09.006/ [in English].
21. Konceptciya kompleksnogo vidnovlennia i rozvytku terytorii zony vidchuzhennia i zony bezumovnoho (obov'yazkovoho) vidseleennia, scho zaznaly radioaktyvnoho zabrudnennia vnaslidok Chornobylskoi katastrofy na 2021-2070 roky [The concept of comprehensive restoration and development of the territories of the exclusion zone and the zone of unconditional (mandatory) resettlement, which were exposed to radioactive contamination as a result of the Chernobyl disaster for the years 2021-2070]. Retrieved from <https://ecolog-ua.com/news/konceptciya-kompleksnogo-vidnovlennia-i-rozvytku-terytoriy-zony-vidchuzhennia-i-zony-bezumovnogo/> [in Ukrainian].
22. Ukaz Prezydenta Ukrainy "Pro Tcili staloho rozvytku Ukrainu na period do 2030 roky" [Decree of the President of Ukraine "On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period until 2030"] Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> [in Ukrainian].
23. Yatsionalna stratehia upravlinnia vidhodamy v Ukraini do 2030 roku (Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv vid 08.11.2017 roku , №820-r) [National waste management strategy in Ukraine until 2030 (Decree of the Cabinet of Ministers of November 8., 820)]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>. [in Ukrainian].
24. Zakon Ukrainy "Pro pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy [Law of Ukraine "On the Nature Reserve Fund of Ukraine"] (n.d.) Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> [in Ukrainian].

ABSTRACT

ASSESSMENT OF THE TRANSITION PROCESS OF RURAL COMMUNITIES TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT

The transition process of rural communities to sustainable development is considered in the context of life safety and quality of rural residents. The article substantiates the ways of assessing the transition process of rural united territorial communities to sustainable development. At the same time, it is considered appropriate to take into account the national tasks and indicators of their implementation, defined in the 17 National Goals of sustainable development until 2030. Special attention is paid to the system of economic and social-ecological indicators, which can be obtained from state statistical reports. In order to take regional features into account, attention is paid to the development of regional automated environmental monitoring systems, in particular also on the territories of rural communities. A set of evaluation indexes has been developed for assessing the effectiveness of the transition process of rural territorial communities to sustainable development. The following indicators are recommended as mandatory for use: carbon balance assessment indicator based on predicted values; percentage of areas occupied by organic production; access to centralized water supply and drainage; the ratio of unstable factors (arable land, orchards) to stable factors (meadows, forests); the share of territories and objects of the nature reserve fund; the area of forested territories. The level of radiation safety is assessed by the dose rate of gamma radiation, the total beta-activity and ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclide's content in atmospheric precipitation, as well as the total beta-activity and the content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in soils and surface waters. In order to activate the transition processes of the sustainable development of rural communities, it is proposed to intensify the implementation of the balanced land use principles and to improve the system of solid household waste management. We also believe that it is necessary to ensure the organization and achievements monitoring of the Sustainable Development Goals by the rural communities.

Key words: sustainable development goals, united territorial communities, indicators, state of the environment

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ACTA CARPETHICA

Збірник наукових праць

№ 1 (39), 2023

Здано до набору 13.06.2023 р. Підписано до друку 19.06.2023 р.
Гарнітура Times New Roman. Формат 70×100/16.
Друк офсетний. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 5,23. Зам. № 0823/506. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.