
THE STUDY OF THE URBAN ENVIRONMENT



O. O. Shugurov 
A. P. Novoselova

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 504.055

*Oles Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin av., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

MODERN DISTRIBUTION OF WAVES WITH FREQUENCY 2,4 GHZ ON THE TERRITORY OF THE DNIPO CITY

Abstract. In our time the use of devices, emitted microwave radiation such as mobile phones, wireless fidelity (Wi-Fi) routers, etc. is increased rapidly. The full effects of the influence of such fields on society have not been finally elucidated. In many developed countries have begun to control the levels of electromagnetic radiation which appeared in various educational institutions, but these studies are single and not massive. Therefore, continuous monitoring of the distribution of high-frequency fields in cities of Ukraine is required. In the period 2015–2016 years we have made analysis of electromagnetic fields with a frequency of 2,4 GHz (Wi-Fi-diapazon) in all district of the city of Dnipro. For registration such waves and their initial processing was used computer program Wi-Fi Analyzer v.1.0. This program worked on the tablet and governed by operating system Android 4.0. The program presents the output data on the screen of tablet as a set of graphs which showing the power of all Wi-fi signals (in dBm) at a given point of space. For investigation the power level of the field in the nearest environment from the source a standard router TL-WR841N was used. Carrying the tablet in the direction from the router gave a set of data on the standard attenuation of electromagnetic waves, passing only through air or through the air and walls of the house. The walls of the houses reduced the sought signal but did not change the characteristic of its attenuation related to the distance. In investigation revealed that the main sources of Wi-Fi pollution in Dnipro was a routers, each of which was identified by name, by power and the point of locations in the city. The measurements of electromagnetic fields were carried out in all eight districts and nearly 500 streets of Dnipro-city. In a result we analyzed about 12000 signals of Wi-Fi-routers. The highest power Wi-Fi field (50–60 dBm) was found in the downtown district with a large number of large apartment buildings, offices and public places of entertainment the population. The districts of Dnipro in which are located the private houses, factories and place of construction buildings – less vulnerable from Wi-Fi contamination (average force 70–90 dBm). The number of routers in the «Central» and «Cathedral» district was the maximum for the city (> 10,000 units for each of them), the minimum number of routers is noted for «SamarSKIY» district (≈ 600 units). In certain parts of the city where is the natural ravine was found a significant reduction of electromagnetic waves energy value. According to power value of Wi-Fi-fields in different locations of the city of Dnipro we created a map their total spatial distribution. On this map, the values of the electromagnetic field power in the city are indicated in

 Tel.: +38066-509-44-99. E-mail: shugu@yandex.ua

DOI: 10.15421/031706

different colors, which is convenient for understanding current situation of anthropogenic pollution. In general, the tendency to increase the total number of sources of electromagnetic pollution in the city and increase their total power was detected. It is concluded that the development of maps with a certain level of background contamination of electromagnetic waves with different frequencies are important for monitoring the overall ecological state of cities and for increase understanding of the impact of such pollution and possible negative effects on public health of Ukraine.

Keywords: *electromagnetic fields, pollution, monitoring, map of districts.*

УДК 504.055

О. О. Шугуров
А. П. Новоселова

д-р биол. наук, проф.

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38066-509-44-99, e-mail: shugu@yandex.ua*

СОВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ЧАСТОТОЙ 2,4 ГГц НА ТЕРРИТОРИИ г. ДНЕПРА

Аннотация. В период 2015–2016 гг. проводили анализ мощностей волн с частотой 2,4 ГГц (*Wi-Fi*) на территории г. Днепра. Для регистрации сигналов использовали программу *Wi-Fi Analyzer v.1.0* на компьютерном планшете под управлением операционной системы *Android 4.0*. Выявлено, что главными источниками *Wi-Fi*-загрязнения в городе являются роутеры, наибольший уровень мощности поля ($-40 \div -60$ dBm) был в центральной части города. На территориях, на которых находятся частные дома, заводы и фабрики, в местностях, где находятся природные балки, обнаружено существенное уменьшение уровня загрязнения – ($-70 \div -90$ dBm). По значениям мощностей *Wi-Fi*-полей построена карта их распределения в районах и улицах г. Днепра. Сделан вывод, что разработки карт местности с выявленными уровнями фона электромагнитных загрязнений волнами различной частоты важны для мониторинга экологического состояния городов Украины с целью понимания последствий дальнейшего роста таких загрязнений и возможных негативных воздействий на здоровье населения Украины.

Ключевые слова: *электромагнитные волны, загрязнение, карта местности.*

УДК 504.055

О. О. Шугуров
А. П. Новоселова

д-р біол. наук, проф.

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38066-509-44-99, e-mail: shugu@yandex.ua*

СУЧАСНИЙ РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ З ЧАСТОТОЮ 2,4 ГГц НА ТЕРИТОРІЇ м. ДНІПРА

Анотація. У період 2015–2016 років проводили аналіз потужностей хвиль з частотою 2,4 ГГц (*Wi-Fi*) на території м. Дніпра. Для реєстрації сигналів використали програму *Wi-Fi Analyzer v.1.0* на комп'ютерному планшеті під управлінням операційної системи *Android 4.0*. Виявлено, що головними джерелами *Wi-Fi*-забруднення у місті є роутери, найбільший рівень потужності поля ($-40 \div -60$ dBm) був у центральній частині міста. Території, на яких знаходяться приватні будинки, заводи та фабрики, у місцевостях, де знаходяться природні балки, виявлено суттєве зменшення рівня забруднення – ($-70 \div -90$ dBm). За значеннями потужностей *Wi-Fi*-полів побудована карта їх розподілу за районами та вулицями м. Дніпра. Зроблено висновок, що розробки карт місцевості з виявленими рівнями фону електромагнітних забруднень хвилями різної частоти є важливими для моніторингу екологічного стану міст України з метою розуміння наслідків подальшого зростання таких забруднень та можливих негативних впливів на здоров'я населення України.

Ключові слова: *електромагнітні хвилі, забруднення, карта місцевості.*

ВСТУП

Електромагнітні поля (ЕП) надвисокої частоти – це новий клас антропогенних впливів на людину і тварин, який досі досліджувався недостатньо. Достойно з'ясовано, що такі хвилі здатні негативно впливати на цілий ряд фізіологічних функцій організму людини і тварин. Так, під дією електромагнітних хвиль порушується робота серцевих та ендокринних клітин (Black, Heynick, 2003; Badginjan et al., 2013), змінюються морфометричні параметри нейронів (Shugurov et al., 2011). Деякі дослідження важливі для розуміння змін температури біологічних тканин після отримання додаткової енергії від опромінення ЕП з частотою від 1 до 30 ГГц (Morimoto et al., 2017). Результати показали, що стала часу термічності (час для досягнення 63 % стаціонарного підйому температури) зменшується з підвищенням частоти випромінювання. Ця стала у головному мозку більша, ніж у поверхневих тканинах, що підтверджує можливість змін у роботі клітин навіть у глибині тіла. У кінцевому результаті це призводить до змін клітинної збудливості, рівня функціонування регуляторних механізмів центральної нервової системи (Smoljarenko, et al., 2008) та інших порушень, що впливають на інформаційні та управлінські дії організму (Chizenkova, 2014).

Одним із фізичних факторів, що входить до вказаного діапазону частот, є *Wi-Fi*-хвилі, які також здатні негативно впливати на організм людини (Kumar, Pathak, 2011; Kyprianou, Hountala, 2014; Lee et al., 2014). Джерелом таких хвиль у першу чергу є роутери, які присутні практично в кожній квартирі, інтернет-кафе, потягах та готелях, а також смартфони при їх обміні інформацією з точками доступу. Існує думка (Enaleeva, Kalemina, 2009), що людина, яка проводить багато часу в оточенні електромагнітних приладів (далі – ЕП), неодмінно відчує їх негативну дію. У довгостроковій перспективі ЕП підвищують імовірність виникнення онкологічних захворювань та впливу на майбутні покоління.

Ряд наукових робіт присвячено оцінці рівня радіочастотних полів від бездротових локальних мереж (*WLAN*) з використанням технології *Wi-Fi*. Автори провели 356 вимірювань на 55 ділянках (у тому числі приватних будинках, фірмах, закладах охорони здоров'я, навчальних установах) у чотирьох країнах (Foster, 2007). Якщо було можливо, виміри проводили в громадських місцях, як можна ближче до точок доступу *Wi-Fi*, на відстані близько 1 м від ноутбука при завантаженні файлів через бездротову мережу. Показано, що тіло користувача змінює величину поля, що свідчить про його проникнення та поглинання в біологічному об'єкті. Незважаючи на те що виміряні сигнали *Wi-Fi* були нижче міжнародних меж впливу (IEEE C95.1-2005 і ICNIRP), підтверджено важливість контролю таких впливів на суспільство. Використання *Wi-Fi* у школах породило занепокоєність, що ЕП *Wi-Fi* мають несприятливий вплив на дітей (Karipidis et al., 2017). У цьому дослідженні виміряно типові і пікові рівні випромінювання від *Wi-Fi* та інших джерел у 23 школах Австралії. Треба відзначити, що всі величини ЕП були значно нижчі від граничних (відповідно міжнародних стандартів захисту здоров'я). Типові і пікові рівні полів у класах були порядку 10^{-4} і 10^{-2} % від гранично допустимого, подібні показники виявлені для радіохвиль, але на вищому, ніж у інших джерел, рівні. У дворі шкіл потужність ЕП була вища для радіо, телебачення та мобільних телефонів базових станцій відносно *Wi-Fi*.

Із аналізу сучасного стану розвитку бездротових систем стає зрозумілим, що у великих містах світу постійно розширюються та посилюються штучні ЕП, які стали новим антропогенним фактором, здатним суттєво змінити нервову, психологічну та генетичну складову суспільства в часовій перспективі. Специфіка сучасного розподілу *Wi-Fi*-полів на території головних міст України до нашого часу не досліджувалася, не з'ясовано, яким чином іде їх поширення, як змінюється потужність ЕП від концентрації населення на території міст. Відповідно метою

даного дослідження було встановлення специфіки розподілу значень *Wi-Fi*-хвиль за рівнем потужності у м. Дніпро в поточний період часу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проходили в м. Дніпрі протягом 2015–2016 рр. Реєстрація наявності *Wi-Fi*-хвиль та їх потужності була виконана за допомогою програми *Wi-Fi Analyzer v.1.0*, яка працювала на планшеті під управлінням операційної системи на базі *Android*. Програма дала можливість фіксувати рівень потужності відповідних хвиль у різних точках м. Дніпра. Значна увага в роботі була приділена до тих районів та місць, де населення розташоване досить щільно та де знаходяться громадські місця з високим відвідуванням людей. Оцінка рівня випромінювання проводилася в різні часи доби протягом указанного часу. У своїй роботі програма реєструє зовнішній *Wi-Fi*-сигнал та, опрацьовуючи, видає значення потужності останнього у вигляді відповідного графіка. При роботі на екрані планшета формується зображення графіка, який відображає радіоканал та рівень його потужності. Якщо в даній точці присутні декілька сигналів, то всі вони піддаються аналізу (рис.1).

Для первинного аналізу електромагнітного поля використовували стандартний *Wi-Fi*-роутер типу *TL-WR841N* виробника *TP-Link*. Пристрій відповідає стандарту 802.11n, IEEE 802.11g та IEEE 802.11b (Draft 2.0) і забезпечує передачу даних у локальній мережі на швидкості до 300 Мбіт/с. Технологія 2*2 MIMO і дві зовнішні антени прискорюють передачу даних і дозволяють домогтися на порядок більш стійкого прийому на великих відстанях.

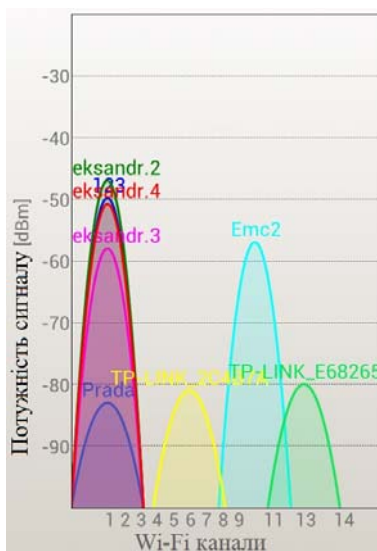


Рис. 1. Приклад скриншоту екрану програми *Wi-Fi Analyzer v.1.0* із зазначенням назв каналів та значенням потужності сигналу таких каналів.

На осі *Y* відкладено потужність сигналу (у dBm),
на осі *X* – кількість виявлених джерел випромінювання

Розглянуті хвилі мають відповідну енергетичну потужність, та після обробки кожній присвоюється значення потужності сигналу (у дБм). Наведена програма аналізує інформацію, яка є відображенням роботи лише бездротових *Wi-Fi*-полів за вказаними вище протоколами, що діють у діапазоні частот 2,4 та 5 ГГц. Причому електромагнітні хвилі, що генеруються побутовими пристроями (мікрохвильові надвисокочастотні (НВЧ) печі та ін.) не реєструються програмою, що зручно для роботи.

Після реєстрації скриншоту у визначеній точці простору (місцевості) різні енергії кожного з виявлених каналів підсумовувалися, також вираховували середні рівні потужності. У процесі роботи всього було зроблено 1200 скриншотів екрану із середньою кількістю каналів у реєстрації від 10 до 15 одиниць. За даними реєстрацій будували карту сучасного розподілу *Wi-Fi*-хвиль на території м. Дніпра. Значення вказаних полів за щільністю потоку енергії аналізували відповідно до сучасних державних санітарних норм (ДСНП № 239-96).

Для аналізу поширення хвиль у місті ми оцінювали стандартну потужність вказаного вище роутера при наявності його прямої видимості щодо пристрою реєстрації (планшету) та в умовах наявності стандартних перешкод (стін), що масово зустрічаються в містах. Оцінка форми кривої зміни потужності електромагнітних хвиль у просторі та вирахування її параметрів проводили за допомогою програми *Curve Expert 1.34*.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Попередньо було досліджено зміни потужності сигналу на різних відстанях від джерела – роутера *TL-WR841N*, який розроблений для створення мереж для невеликих офісів і будинків як за допомогою дротового, так і бездротового підключення.

Треба враховувати, що величина сигналу вимірюється вказаною вище програмою в дБ (міжнародний запис – dB) – дольній одиниці Бела, що дорівнює 0,1 Б. Бел виражає відношення значень двох енергетичних величин (наприклад, P_1 та P_2) десятичним логарифмом цього відношення:

$$D_p = 10 \lg\left(\frac{P_1}{P_2}\right). \quad (1)$$

У наших вимірюваннях початковим (так званим «опорним») сигналом є величина, що дорівнює 1 мВт, тому відношення до такого опорного значення виражається в дБм (dBm) (при опорному сигналі в 1 Вт аналогічна величина виражається як dBW). Виявлено, що максимальна потужність сигналу фіксується безпосередньо біля роутера і складала 30 дБм (що відповідає заявленій технічній характеристиці пристрою). Послідовний відхід від роутера призводить до нелінійного зниження рівня сигналу на планшеті (графік 1 на рис. 2), який на відстані в 10 м знижується до –50 дБм. Виміри показали, що величина сигналу, який можна зареєструвати від роутера, практично не відрізняється у стані «відносного покою» (немає активного переносу інформації з роутера до приймача (у нашому випадку – ноутбука) та для випадку обробки пакетів даних при постійному використанні Інтернету).

Форма кривої зменшення потужності сигналу в умовах безперешкодного розповсюдження хвиль, розрахованої програмою *Curve Expert 1.34*, відповідає рівнянню (з коефіцієнтом кореляції з теоретичною моделлю $r = 0,998$):

$$y = a(b - e^{-cx}), \quad (2)$$

де $a = -15,8$; $b = 1,91$; $c = 0,031$; x – відстань від роутера до приймача. Коефіцієнти a та b відповідають за початковий рівень функції при $x = 0$; c – визначає швидкість падіння потужності при віддаленні.

Наші дослідження показали, що дальність дії звичайного *Wi-Fi*-роутера при роботі в стандарті *802.11g* з використанням штатної антени (коефіцієнт посилення – 2 дБ) на відкритій місцевості дорівнює приблизно 150–300 м, у приміщенні – до 50–70 м. З'ясовано, що відхід від роутера на відстань до 50 м у будинку знижував рівень сигналу до –80 дБм.

У той же час відомо, що цегляні та бетонні стіни і металеві конструкції можуть блокувати в першу чергу короткі електромагнітні хвилі сантиметрових та дециметрових діапазонів (на відміну від FM- та радіохвиль) (Büyüköztürk, Rhim,

1995). У місті на дані хвилі можуть суттєво впливати також дерева, туман, транспорт, інші перешкоди. Також на радіус дії *Wi-Fi*-мереж сильно впливають шуми від мікрохвильових печей. Реальні розрахунки поглинання електромагнітних хвиль тканинами людини вивчають у першу чергу на різного роду симуляторах таких фізичних процесів (Hossain, Amin, 2011).

Наші вимірювання рівня сигналу в будинку при проходженні хвиль крізь стіну показали наявність суттєвого зниження підсумкової потужності (графік 2 на рис. 2). Безпосередньо за стінкою на рівні 50 см від джерела поля (наблизиться в цьому випадку ближче неможливо, оскільки стіна має певну товщину) вихідна потужність зменшується з -33 до -38 дБм, що відповідає загальному зниженню графіка на -5 дБм. У цьому випадку коефіцієнти для рівняння (2) стають такими: $a = -17,9$; $b = 2,01$; $c = 0,065$ при рівні кореляції $r = 0,987$. Можна сказати, що при наявності перешкод для електромагнітних полів змінюються фактично лише початкові умови (за рахунок первинного блокування хвиль) та швидкість падіння потужності на певному віддаленні від джерела поля. Відповідно за рівнем зареєстрованого сигналу в будь-якій точці міста можна вирахувати і потужність роутера, який знаходиться навіть у будинку з декількома стінами.

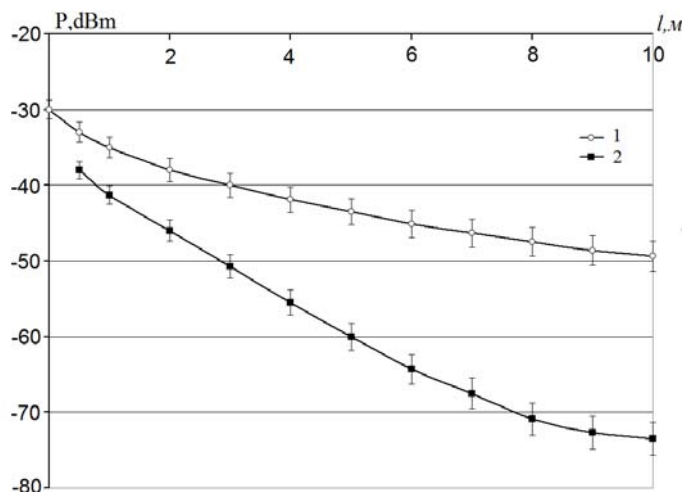


Рис. 2. Графік змін потужності сигналу без перешкод від роутера до приймача (а) та при наявності перешкоди у вигляді бетонної стіни (б).

На осі Y – потужність (P) сигналу (дБм), на осі X – відстань (l) від роутера до приймача, м.

Представлено усереднені дані 12 вимірів (у вигляді середньоквадратичних відхилень).

1 – експеримент з реєстрацією поля з прямою видимістю роутера,

2 – при реєстрації з перешкодою у вигляді цеглової стіни

У подальших експериментах були виміряні рівні потужності *Wi-Fi*-сигналів на території м. Дніпра. Традиційно м. Дніпро ділять на 8 адміністративних районів – Соборний, Шевченківський, Центральний, Чечелівський, Новокодацький, Самарський, Індустріальний, Амур-Нижньодніпровський, і саме такий поділ міста має чіткі офіційні кордони і широко використовується державними, адміністративними установами, комунальними службами та іншими організаціями. У кожному з 8 районів міста проводили вимірювання електромагнітного випромінювання від працюючих приладів мережі *Wi-Fi*. Середню кількість каналів оцінювали за допомогою формули

$$D_{\text{сер}} = N \cdot D \cdot d, \quad (3)$$

де $D_{\text{сер}}$ – величина середньої кількості *Wi-Fi*-каналів, що поширюються в даному районі; N – кількість досліджуваних вулиць району; D – середня кількість вимірювань уздовж однієї вулиці; d – кількість роутерів, що доводиться на одну

точку території (на 1 вимір). Статистичні дані сумарного розповсюдження *Wi-Fi* у різних районах м. Дніпра наведено в таблиці. Значення потужності кожного окремого з описаних вище джерел були пораховані за формулою

$$P = 10^{(AdBm/10)}, \quad (4)$$

де P – загальна потужність поля; A_{dBm} – амплітуда вхідного (відносно планшету) сигналу (у дБм).

З цієї формули випливає, що потужності, які менші за величину 1 мВт, мають негативне значення (у децибелах). Тобто значення потужності в дБм реальне та позитивне, але конкретний вимірюваний сигнал менший за опорний (яким у даному випадку є 1 мВт) за логарифмічною шкалою.

Кількість видимих <i>Wi-Fi</i> -роутерів на території різних районів м. Дніпра	
Назва району	Кількість роутерів
Соборний	17700
Центральний	10920
Шевченківський	9464
Індустріальний	8745
Чечелівський	5863
Амур-Нижньодніпровський	4620
Новокодацький	2576
Самарський	600

Як правило, кількість *Wi-Fi*-джерел в офісних та житлових будинках міста сягає кількох десятків. При цьому можна припустити, що практично всі такі роутери працюють на повній потужності (який у приладі програмно виставлений «за умовчанням»). Як наслідок, населення в будівлі та біля неї отримує максимально можливу (відповідно, для *Wi-Fi*-джерел з частотою 2,4 ГГц) дозу електромагнітного опромінення. Загальні підходи щодо вимірювань таких полів досить відомі (Andronov, Glazov, 2010).

За результатами наших вимірювань установлено, що жителі Соборного району найбільше піддаються дії електромагнітних випромінювань, які виникають через активну роботу *Wi-Fi*-роутерів. На деяких його вулицях потужність сигналу має досить високі значення в порівнянні з вулицями інших районів. Це обумовлено густим та близьким розташуванням роутерів у точках, що при підсумовуванні отриманих даних дає високі значення потужності (від –46 до –58 дБм). У результаті вимірювань рівня електромагнітних *Wi-Fi*-полів у різних районах була складена карта їх розподілу в м. Дніпрі (рис. 3), де щільність кольору відображає потенціальну небезпеку для людей.

Аналізуючи наведену карту, треба відзначити, що на правобережжі та в центральних районах м. Дніпра значення *Wi-Fi*-полів є суттєвим і має помітну тенденцію як поширення на периферичні зони, так і зростання потужності на кожній вулиці міста. Описане електромагнітне забруднення проявляє антропогенність явища, оскільки місто включає в територію великі балки, які розташовані перпендикулярно р. Дніпро. Як наслідок, у таких зонах концентрація населення відносно невелика, тому й рівень полів тут менший (рис. 3). Подібна тенденція проявляється для територій, де знаходяться заводи та фабрики, які продукують електромагнітні хвилі інших діапазонів.

На лівій частині міста головним забруднювачем є *Wi-Fi*-роутери та точки доступу, що знаходяться в центральній частині Індустріального району, уздовж Слобожанського проспекту, де велика кількість багатоквартирних висотних будинків та офіси різних фірм. Інші частини міста менше схильні до впливів від указаних електромагнітних хвиль.

Дані реєстрацій указаних полів виявили високі рівні фону на територіях центральних частин міста – у Соборному, Центральному та Шевченківському районах. Тут найчастіше спостерігаються досить високі потужності *Wi-Fi*-випромінювань у діапазоні від –50 до –60 дБм. Середні рівні електромагнітного фону в районах, які оточують центр міста, – Індустріальному, Чечелівському, Амур-Нижньодніпровському. Тут середній рівень потужності поля сягає $-49 \div -68$ дБм. Підвищені рівні електромагнітного фону в Амур-Нижньодніпровському районі пояснюються великим скупченням людей у масивах Лівобережний-1 та 3. Новокодацький та Самарський райони мають достатньо безпечні концентрації *Wi-Fi*-частот. Це обумовлено малою населеністю районів та невеликою кількістю великих торгово-розважальних комплексів.

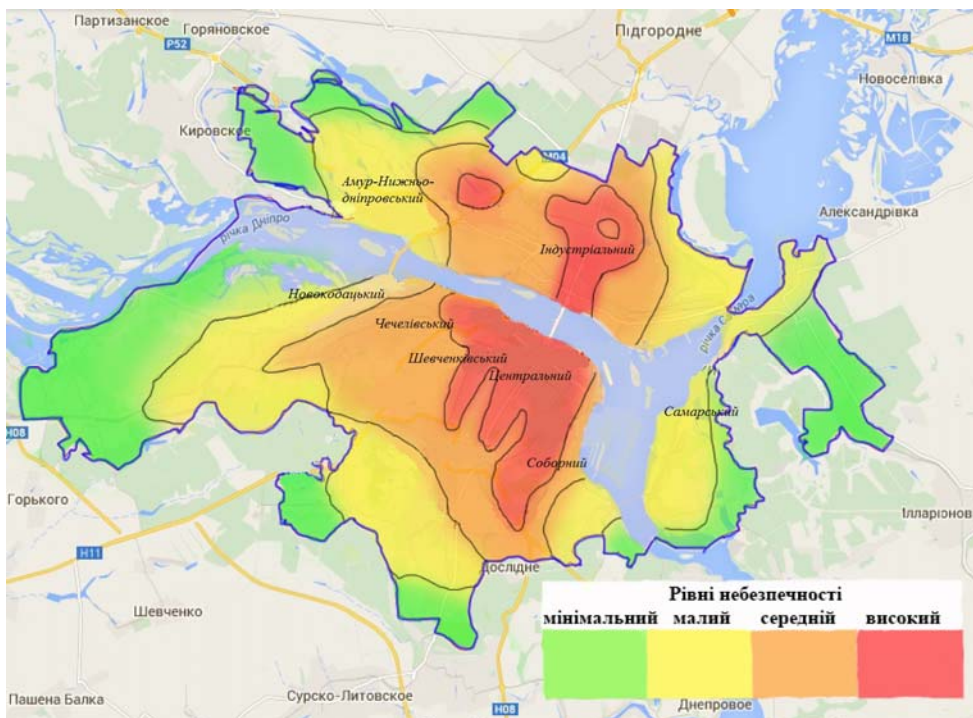


Рис. 3. Схема розподілу *Wi-Fi*-полів за їх небезпечністю (зазначено різним кольором) у всіх районах міста Дніпро

Те, що саме *Wi-Fi*-роутери є головним джерелом електромагнітного забруднення у діапазоні 2,4 та 5 ГГц, свідчить наявність маркерів роутерів біля графіків або індивідуальних назв (наданих користувачами) таких точок (рис. 1). Таким чином, побудови карт фізичних забруднень дозволять більш детально вивчати динаміку розповсюдження полів та контролювати аналогічні процеси на різних територіях міст у часі.

При оцінці отриманих результатів слід пам'ятати, що в наш час добре з'ясовано, що саме вода в живому об'єкті є первинною мішенню для впливу електромагнітних хвиль різної природи (Kurik, Pavlenko, 2014). Саме на цьому принципі діють сучасні НВЧ-печі, що використовують у побуті для розігріву їжі. Відповідно і *Wi-Fi*-хвилі, які за частотою сумісні з НВЧ-печами, призводять аналогічний, але суттєво слабший ефект. Метал, який присутній в одязі та гаджетах людини, також є певним «збирачем» енергії сигналу.

У наш час є протилежні думки щодо рівня негативного впливу високочастотних електромагнітних хвиль на різні частини організму людини і тварин. Так, вивчення

біологічних ефектів впливу GSM (1,8 ГГц), DECT (1,88 ГГц), UMTS (2,1 ГГц) і бездротової локальної мережі (5,6 ГГц) на розвиток ембріонів курчат (Woelders, et al., 2017) не знайшли їх морфологічних і гістологічних параметрів.

Інші дані опромінення високочастотними ЕП свідчать про протилежні тенденції. Так, у дослідженнях на деяких мікроорганізмах (*Salmonella*, *Staphylococcus aureus*) результатом впливу НВЧ є зміни морфологічних ознак, що передаються генетично (Lee, et al., 2014), тобто мікрохвилі можуть давати мутагенні зміни в клітинах та репродуктивну функцію (Shibkova, et al., 2015). Відома велика чутливість клітинних мембран до дії опромінення: морфологічні та функціональні порушення мембран виявляються практично відразу після опромінення навіть при дуже малих дозах (Kumar, Pathak, 2011). Зміна йонного складу, що виникає при цьому, може ініціювати в клітині цілий ряд проліферативних процесів. Навіть самі мембранні процеси проникнення речовин можуть змінюватися під дією хвиль, що використовують для мобільних телефонів.

Сказане свідчить, що, з одного боку, потрібно вивчати всі види (частоти) електромагнітних хвиль, які щогодини опромінюють людину та можуть бути або безпечними, або надавати негативний вплив на організм. З другого боку – потрібно безперервно контролювати поширення таких хвиль на важливих для суспільства територіях. Ось чому моніторинг таких полів уже проводять у багатьох державах (Vasiliev, Rozenberg, 2007), а метод формування електронних карт розподілу радіаційного забруднення давно довів свою ефективність (Polezhaeva, 2009), що підтверджується і нашими дослідженнями.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Джерелами електромагнітного *Wi-Fi*-випромінювання в діапазонах хвиль 2,4 та 5 ГГц є роутери, місцезнаходження та потужність яких можна відстежити за назвою джерела на графіку розподілу каналів у конкретній точці простору.

2. Центральні зони м. Дніпра, у яку входить значна кількість великих багатоквартирних будинків, магазинів, офісів та точок розваг населення, мають забруднення електромагнітними хвилями на рівні 50 – 60 дБм. Території, на яких розташовано будинки приватного сектора, заводи та фабрики, менш схильні до *Wi-Fi*-забруднення (– 70 ÷ – 90 дБм).

3. Найбільш забруднені електромагнітними *Wi-Fi*-полями у м. Дніпрі райони Соборний, Центральний та Шевченківський, середній рівень електромагнітного фону зараз присутній у районах, які оточують центр міста, – Індустріальному, Чечелівському, Амур-Нижньодніпровському, відносно низький рівень спостерігається в Самарському районі. Виявлено, що населені зони у «балкових» частинах міста частково приховані від такого забруднення.

4. Розробка карт місцевості з визначенням фону електромагнітних забруднень (на різних частотах) може бути важливою для розуміння змін в екологічному стані міст України та наслідків таких впливів на здоров'я населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- | | |
|--|---|
| Andronov, E. V., Glazov, G. N., 2010. Theoreticheskij apparat izmerenija SVCH diapazona [The theoretical apparatus of measurement of microwave]. V. 1. Methods of measurement of high-frequency wave. TML-Press, Tomsk (in Russian). | electromagnetic radiation on some blood indices]. Radiat. biol., Radioecol. 53 (1), 63–70 (in Russian). |
| Badginjan, S. A., Malakjan, M. G., Egiazarjan, D. E., 2013. Vlijanie elektromagnitnogo izluthenija s chastotoj 900 MHz na nekotore pokazateli krovi [Influence of 900 MHz frequency | Black, D. R., Heynick, L. N., 2003. Radiofrequency (RF) effects on blood cells, cardiac, endocrine and immunological functions. Bioelectromagnetics Supplement. 6, 187–195. |
| | Büyükoztürk, O., Rhim, H. C., 1995. Modeling of electromagnetic wave scattering by concrete |

- specimens. *Cement and Concrete Res.* 25(5), 1011–1022.
- Chizenkova, R. A., 2014. Impulsni potoki populatsij korkovih neyroniv pri nizkointensivnom impulsnom SVC-obluchenii: mejspajkovie intervali [Impulse flow of cortical neurons population after low-intensity SHF-influence: inter-spade intervals]. *Radiobiology. Radioecology* 54(4), 393–404 (in Russian).
- Enaleeva, I. N., Kalemına, V. O., 2009. Influence of electromagnetic radiation on the human body. Occupational safety in catering, 57–59.
- Foster, K. R., 2007. Radiofrequency exposure from wireless lans utilizing Wi-Fi technology. *Health Physics*, 92(3), 280–289.
- Hossain, S., Amin, R., 2011. Computation of electromagnetic energy absorption in the human body tissues by high frequency structure simulator. *J. Smart Sys. Technol.* 1(1), 10 p.
- Karipidis, K., Henderson, S., Wijayasinghe, D., Tjong, L., Tinker, R., 2017. Exposure to radiofrequency electromagnetic fields from Wi-Fi in Australian schools. *Radiat. Prot. Dosimetry.*, Jan 10. doi: 10.1093/rpd/new370.
- Kumar, S. Pathak, P. P., 2011. Effect of electromagnetic radiation from mobile phones towers on human body. *Indian journal of radio & space physics.* 40, 340–342.
- Kurik, M. V., Pavlenko, A. R., 2014. Elektromagnitni smog okrushenija ludey [The electromagnetic smog of human environment]. IV International scientific and practical conference «Torsion fields and informational interactions» (Moscow, 20–21 sept. 2014). Moscow, 258–262 (in Russian).
- Kyprianou, M. A. Hountala, C. D., 2014. The impact of Wi-Fi signal to received from adipose tissue stem cells. Univ. Athens, 1st Depart. of Psychiatry, Hosp. Definition, Greece, 31–34.
- Lee, S. S., Kim, H. R., Kim M. S., 2014. Influence of smartphone Wi-Fi signals on adipose-derived stem cells. *J. Craniofacial Surg.* 25(5), 15–17.
- Morimoto, R., Hirata, A., Laakso, I., Ziskin, M. C., Foster, K. R., 2017. Time constants for temperature elevation in human models exposed to dipole antennas and beams in the frequency range from 1 to 30 GHz. *Phys. Med. Biol.* 62(5), 1676–1699.
- Polezhaeva, E. Ju., 2009. Formirovanie bazi dannih dlja sozdaniya electronnoj karti radiatsionnoj obstanovki. Samarski gos. stroit. univ. 81–82 (in Russian).
- Shibkova, D. Z., Shilkova, T. V., Ovchinnikova, A. V., 2015. Rannie i otdalennie effecti vlijanija elektromagnitnogo polja radiochastotnogo diapazona na reproductivnuju funktsiju I morfofunctionalnoe sostojanie potomstva ecsperimentalnih givotnih [Early and long-term effects of the electromagnetic field of the radio frequency range on the reproductive function and the morphofunctional state of the offspring of experimental animals]. *Radiobiology. Radioecology* 55(5), 514–519 (in Russian).
- Shugurov, O. A., Smoljarenko, I. K., Shugurov O. O., 2011. Morphologithni zminu u promiznih neyronah spinnogo mozky pislja SVC-oprominennja [The morphological changes of spinal cord interneurons after SHF-irradiation]. *Visn. probl. biol. i med.*, 3, 2(88), 229–232 (in Ukrainian).
- Smoljarenko, I. K., Shugurov, O. A., Shugurov, O. O., 2008. Izmenenie negativnih komponentov vizvannogo potentsiala spinnogo mozga pod vlijaniem voln SVCh [The change of negative components of the evoked potentials of spinal cord after irradiating of a SHF-waves]. *Radiobiology. Radioecology (Russia)* 48(1), 92–101 (in Russian).
- Vasiliev, A. V., Rozenberg, G. S., 2007. Monitoring of electromagnetic pollution residential areas in Togliatti and evaluation of its impact on public health. *Safety in Technosphere*, (3), 9–12.
- Woelders, H., de Wit, A., Lourens, A., Stockhofe, N., Engel, B., Hulsege, I., Schokker, D., van Heijningen, P., Vossen, S., Bekers, D., Zwamborn, P., 2017. Study of potential health effects of electromagnetic fields of telephony and Wi-Fi, using chicken embryo development as animal model. *Bioelectromagnetics*, Jan 6.

Стаття надійшла в редакцію 06.03.2017

THE STUDY OF THE URBAN ENVIRONMENT



V. M. Klymenko ✉

UDK 502

*Kherson State University,
Universytetska str., 27, Kherson, Ukraine, 73009*

LICHEN INDICATION AIR QUALITY SKADOVSK TOWN

Abstract. The results of the quality of the air in the Skadovsk town with using lichens are given. The aim of the paper was establish possible vectors flow of pollutants into the atmosphere of the coastal town and the comparison of the data after lichen monitoring with those given for other town in Kherson region. The map with different lichen indication zones as unpolluted, small polluted, middle polluted and very polluted are created. This map constructed after lichen mapping of the Skadovsk town with use of the index of air pollution (IAP). 41 species of the corticolous lichens were found in the Skadovsk town. This epiphytic lichen composition is similar to these Kherson city (44 species), Poltava (49 species), Ternopil (45 species), Ivano-Frankivsk (45 species) and Lutsk (37 species). *Arthonia punctiformis*, *Flavoplaca flavocitrina* and *Strangospora ochrophora* were reported for the first time for urban landscape of the Kherson oblast. The landscape structure of the Skadovsk town are provided. There are residential landscapes (6,8 km², or 63 %), wasteland (2 km², or 18,8 %), warehouse landscapes (1,1 km², 9,8 %); garden park landscapes (0,5 km² or 4,7 %); transport landscapes (0,3 km² or 2,8 %), industrial landscapes (0,1 km² or 0,8 %). We are used urban landscapes and lichen indication zones overlapping. This enables possible ranking of air quality in the town landscapes and to establish the possible sources of pollutions in their territory. The territory of the town was divided into zones with different air quality as a result of the calculation of IAP. The largest among isotoxic lichen indication zones is unspopolluted (5,6 km² or representing 51,9 % of the town area), the small polluted is 3,2 km² (or 29,6 %), the middle polluted is 1,9 km² (or 17,6 %) and very polluted is 0,1 km² (or 0,9 %). The lowest air quality registered in the transport landscape because 30 % of it areas are located in middle polluted zone. The highest air quality formed in the wastelands where over 96 % square are located in unpolluted and small-polluted areas. After the low level of the town industrialization, there are two main vectors of pollutants flow to the town air. At the first, there are emissions from heating systems, including complex multi-storey buildings in the town located along the street Sergievskaya, between Dzharylgachska and Nezalezhnosti streets. At the second, it is transport emissions. A dense network of highways, especially on how not restricted movement of large vehicles, formed the «skeleton frame» of middle polluted zone. The numerous of the high air quality markers (81,5 %) in Skadovsk town were found in unpolluted and middle polluted zones. The air quality on the territory of the Skadovsk town is rather high in comparison with Kherson (34 %), Nova Kakhovka (60,2 %), Kakhovka (77,9 %) and Beryslav (88,75 %). Instead, the air quality in residential landscapes of Skadovsk town is intermediate between these towns with unpolluted and small polluted zones in 75 %

✉ Tel.: +38095-469-58-74. E-mail: vklim@i.ua

DOI: 10.15421/031707

while in Kakhovka and Beryslav were 83,1 % and 81 % respectively, exceeding Nova Kakhovka (31,7 %) and Kherson (37 %).

Keywords: *bioindication, urban landscapes, epiphytic lichens, lichen indication zone.*

УДК 502

В. М. Клименко

*Херсонский государственный университет,
ул. Университетская, 27, г. Херсон, Украина, 73009,
тел.: +38095-469-58-74, e-mail: vklim@i.ua*

ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА г. СКАДОВСКА

Аннотация. Приведены результаты лихеноиндикационного исследования качества приземных слоев атмосферного воздуха г. Скадовска.

Целью исследования было определение качества воздуха небольших городов Херсонской области, расположенных на побережье морей, используя лихеноиндикационный метод, установление возможных векторов поступления поллютантов в их атмосферу и сравнение полученных данных с аналогичными, приведенными для других городов области. Для реализации цели, путем интерполяции и экстраполяции данных синтетического лихеноиндикационного показателя – индекса чистоты воздуха в модифицированном варианте С. Кондратюка (ИЧВм) – на территории города, построены тематические картосхемы, на которых отражены зоны с разным качеством воздуха. Основанием для установления величины ИЧВм на опытных участках служили результаты лихенологических сборов, в ходе которых были получены данные о видовом составе эпифитных лишайников, площади их проективного покрытия и частоте встречаемости, экологическом индексе каждого вида. Сведения, полученные в полевых условиях, дополнялись и корректировались в ходе камеральной обработки собранных материалов.

В ходе исследования на территории Скадовска выявлен 41 вид эпифитных лишайников. В результате расчета ИЧВм территория города была разделена на зоны с разным качеством воздуха. Наибольшая среди изотоксических лихеноиндикационных зон – незагрязненная, ее площадь – 5,6 км², что составляет 51,9 % территории города. Вторая по распространенности – слабозагрязненная зона, площадь которой 3,2 км² – 29,6 % площади города. Среднезагрязненная зона занимает площадь 1,9 км² (17,6 %), а очень загрязненная – 0,1 км² (0,9 %).

Наиболее низкое качество воздуха зафиксировано на территории транспортных ландшафтов, 30 % территории которых расположены в среднезагрязненной зоне, а самое высокое – на территории пустырей, более 96 % территории которых расположены в незагрязненной и слабозагрязненной зонах.

Процент площади маркеров высокого качества воздуха – незагрязненной и слабозагрязненной зоны – для города Скадовска составляет 81,5 %. Сравнивая его с аналогичным показателем, рассчитанным при лихеноиндикационных исследованиях ряда других городов Херсонской области, можно сделать вывод о том, что качество воздуха на территории города Скадовска находится на достаточно высоком уровне.

Ключевые слова: *биоиндикация, урбанизированные ландшафты, эпифитные лишайники, лихеноиндикационные зоны.*

УДК 502

В. М. Клименко

*Херсонський державний університет,
вул. Університетська, 27, м. Херсон, Україна, 73009,
тел.: +38095-469-58-74, e-mail: vklim@i.ua*

ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ м. СКАДОВСЬКА

Анотація. Наведено результати ліхеноіндикаційного дослідження якості приземних шарів атмосферного повітря м. Скадовська.

Метою дослідження було визначення якості повітря невеликих міст Херсонської області, розташованих на узбережжі морів, використовуючи ліхеноіндикаційний метод, встановлення можливих векторів надходження поллютантів до їх атмосфери та порівняння отриманих даних з

аналогічними, наведеними для інших міст області. Для реалізації мети, шляхом інтерполяції та екстраполяції величин синтетичного ліхеноіндикаційного показника – індексу чистоти повітря в модифікованому варіанті С. Кондратюка (ІЧПм) – на терени міста, побудовано тематичні картосхеми, на яких відображено зони із різною якістю повітря. Основою для встановлення величини ІЧПм на дослідних ділянках стали результати ліхенологічних зборів, у ході яких були отримані дані щодо видового складу епіфітних лишайників, площі проєктивного покриття та частоти трапляння, екологічного індексу кожного виду. Відомості, отримані в польових умовах, доповнювались і коригувались у ході камеральної обробки зібраних матеріалів.

У ході дослідження на території Скадовська виявлено 41 вид епіфітних лишайників. У результаті розрахунку ІЧПм територію міста було поділено на зони із різною якістю повітря. Найбільша серед ізотоксичних ліхеноіндикаційних зон – незабруднена, її площа – 5,6 км², що становить 51,9 % території міста. Друга за поширеністю – слабозабруднена зона, площа якої 3,2 км² – 29,6 % площі міста. Середньозабруднена зона займає площу 1,9 км² (17,6 %), а дуже забруднена – 0,1 км² (0,9 %).

Найнижчу якість повітря серед урболандшафтів м. Скадовська зафіксовано на території транспортних ландшафтів, 30 % території яких розташовано в середньозабрудненій зоні, а найвищу – на території пустирів, понад 96 % території яких розташовано в незабрудненій і слабозабрудненій зонах.

Відсоток площі маркерів високої якості повітря – незабрудненої і слабозабрудненої зони – для м. Скадовська становить 81,5 %. Порівнюючи його з аналогічним показником, розрахованим при ліхеноіндикаційних дослідженнях інших міст Херсонської області, можна зробити висновок, що якість повітря на теренах міста Скадовська знаходиться на доволі високому рівні.

Ключові слова: біоіндикація, урбанізовані ландшафти, епіфітні лишайники, ліхеноіндикаційні зони.

ВСТУП

Ліхеноіндикація забруднення атмосфери – сукупність методів біологічного моніторингу, які ґрунтуються на спостереженнях за змінами основних біологічних і екологічних параметрів лишайників та їх угруповань під впливом забруднюючих речовин (Khodosovtsev, 1995). Історію подібних досліджень розпочав у 1866 році W. Nylander, який звернув увагу на зникнення лишайників у Люксембурзькому саді Парижа і пов'язав це явище з використанням вуглеводнів для вуличного освітлення. Цей ефект дав підставу вченому назвати лишайники гігієнометрами, стан і видовий склад яких певною мірою відображають якість повітря та комфортність умов проживання людини (Kondratyuk, 2008). За півтора століття методи ліхеноіндикаційних досліджень розвивались та вдосконалювались, і на сьогоднішній день виокремилася чотири напрями досліджень у цій галузі: картування поширення окремих груп видів лишайників з подібною чутливістю до забруднень атмосферного повітря, картування поширення лишайникових угруповань, картування результатів розрахунку синтетичних показників та картування поширення індикаторних видів (Kondratyuk, 2008).

Ліхеноіндикаційні дослідження на півдні України проведені для міст Херсонської області (Khodosovtsev, 1995; Klymenko, 2015, 2016) та урбанізованих ландшафтів Ялтинського амфітеатру (Khodosovtseva, 2009, 2011), однак поза увагою залишились невеликі міста у степовій зоні України, які розташовуються на узбережжі морів, одним з яких є м. Скадовськ.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

При дослідженні якості атмосферного повітря м. Скадовська нами було використано метод розрахунку та картування синтетичних показників, а саме – індексу чистоти повітря в модифікованому варіанті Кондратюка (далі ІЧПм) (Kondratyuk, 1994). Це пов'язано з тим, що більшість ліхеноіндикаційних досліджень

міст України проводилась із залученням цього методу, а висока достовірність результатів підтверджена експериментально (Dumytriva, 2008a). ІЧПм дорівнює сумі добутків комбінованого показника покриття/трапляння та екологічних індексів, що відображають чутливість до забруднення видів, які утворюють лишайникові угруповання:

$$ІЧПм = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{10} \sum_{j=1}^m \frac{a_{ij} \cdot b_{ij}}{m},$$

де Q_i – екологічний індекс кожного виду лишайників (середня кількість видів лишайників, що ростуть поряд із цим видом на всіх дослідних ділянках); a_{ij} та b_{ij} – індекси проективного покриття та частоти трапляння епіфітних лишайників j -го класу відповідно; m – кількість класів проективного покриття i -го виду; n – кількість видів лишайників на дослідній ділянці (Kondratyuk, 2008).

Для окреслення меж ліхеноіндикаційних зон із різним ступенем атмосферного забруднення за розрахованими значеннями ІЧПм було використано алгоритм, запропонований Л.Ю. Димитровою, який використовувався при ліхеноіндикаційному дослідженні території м. Києва (Dumytriva, 2008a). Для відображення діапазону ІЧПм, який відповідає певній ізотоксичній зоні, використано змінну величину – f , яку було введено автором та використано при аналогічних дослідженнях території м. Херсона (Klymenko, 2015). На підставі цього межі ізотоксичних зон розташовано в таких діапазонах:

- дуже забруднена: $ІЧПм_{\min} \leq f < ІЧПм - \sigma$;
- середньозабруднена: $ІЧПм - \sigma \leq f < ІЧПм$;
- слабозабруднена: $ІЧПм \leq f < ІЧПм + \sigma$;
- незабруднена: $ІЧПм + \sigma \leq f \leq ІЧПм_{\max}$,

де $ІЧПм_{\min}$ і $ІЧПм_{\max}$ – відповідно мінімальне та максимальне значення індексу; $ІЧПм$ – середнє значення індексу на всіх дослідних ділянках; σ – стандартне відхилення (дисперсія); f – діапазон величин ІЧПм певної ізотоксичної зони (Dumytriva, 2008a).

Збір матеріалів ліхеноіндикаційних досліджень проводився маршрутным методом. Лишайникові угруповання досліджувалися на корі прямостоячих, незатінених дерев висотою від 1 до 2 м. Обиралися переважно дерева, які є найпоширенішими в місті і мають близькі морфологічні характеристики перидерми, а саме *Quercus robur* та *Robinia pseudoacacia*. За відсутності на досліджуваній території цих форофітів лишайникові угруповання досліджувалися на представниках родів *Tilia*, *Populus* тощо.

Статистична обробка даних здійснювалась на базі програми EXCEL 2010. Для просторового моделювання результатів дослідження використовували пакети програм MAPINFO 10.5.2 та QGIS 2.12.3.

Для диференціації міських ландшафтів використовувалися критерії та назви, запропоновані Ю. Г. Тютюнником, які різнять ландшафти залежно від типу ландшафтоутворюючого компоненту та від виконуваної ними функції (Pozachenyuk, 2003). При відсутності достатньої кількості форофітів у певних частинах міських ландшафтів ми використовували метод екстраполяції та інтерполяції ліхеноіндикаційних зон (Klymenko, 2015).

Місто Скадовськ розташоване на північному узбережжі Джарилгацької затоки Чорного моря, на південних рубежах Херсонської області (рис. 1), займає площу 10,8 км². Населення становить 19,5 тис. осіб. За фізико-географічним районуванням територія міста знаходиться в Скадовсько-Новокаховському районі Нижньодніпровської терасово-дельтової низовинної області Східноєвропейської рівнини. Рельєф – рівнинного характеру зі слабким похилом у південному напрямку, відносні перевищення висот – у межах 5 м. Пересічна температура січня –3 °С, липня

+23 °С. Кількість опадів – 360–380 мм на рік. Водневий показник опадів (рН) – 6,3. Взимку домінують північні та північно-східні вітри, а влітку – північні та північно-західні. Кількість днів у році зі швидкістю вітру до 5 м/с (сприяє утворенню зон з підвищеною концентрацією забруднюючих речовин та формує високий ступінь забруднення атмосферного повітря поблизу стаціонарних джерел забруднення) – 75 (Natsionalnyi atlas., 2007; Pylypenko, 2009).

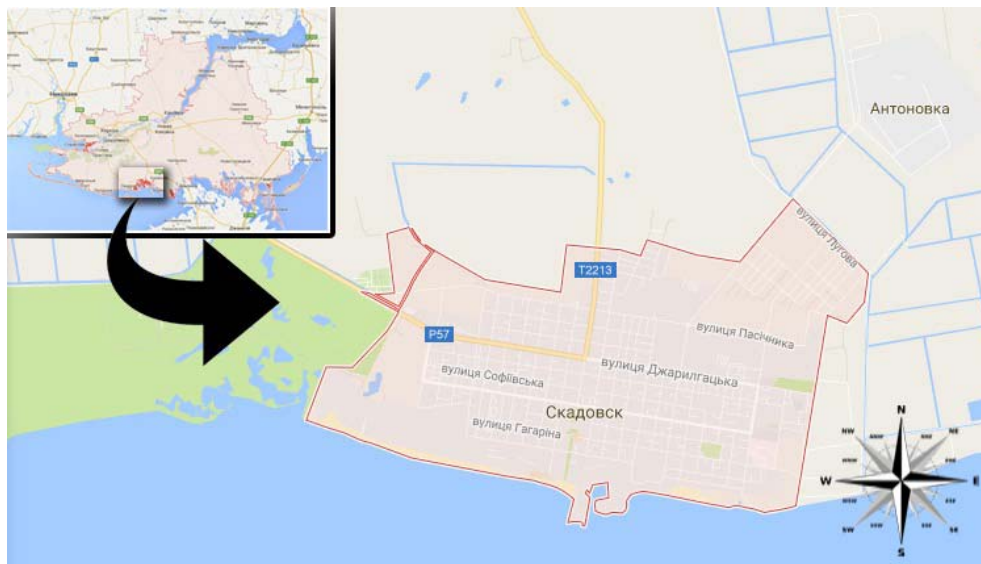


Рис. 1. Топологічне положення м. Скадовська в межах Херсонської області

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Територія м. Скадовська сформована шістьма типами урболандшафтів. Домінуючими є селітебні ландшафти, їх площа – 6,8 км², що становить 63,2 % території міста. Площа пустирів – 2 км² (18,8 %); складських ландшафтів – 1,1 км² (9,8 %); садово-паркових – 0,5 км² (4,7 %); транспортних – 0,3 км² (2,8 %); промислових – 0,1 км² (0,8 %). Ландшафтоутворюючий компонент селітебних ландшафтів представлений переважно малоповерховими будівлями, багатоповерхові споруди зустрічаються окремими масивами в центральних та східних районах міста. Пустирі північних та західних околиць періодично використовуються місцевим населенням для випасання рогатої худоби, а ті, що знаходяться в південній частині міста та межують з береговою лінією Чорного моря, використовують як рекреаційні об'єкти переважно пляжі. Складські ландшафти локалізовані в північно-східних та північно-західних околицях. Перші використовують для зберігання різноманітного краму, частина з них законсервована і на момент дослідження не була у використанні, другі використовуються для зберігання паливо-мастильних матеріалів. Садово-паркові ландшафти знаходяться переважно у східній частині міста, представлені невеликими скверами, парками та різного роду рекреаційними насадженнями. Домінуючими дендрологічними об'єктами є представники широколистих деревних порід: дуби, клени, липа, тополі, робінія тощо. Промислові ландшафти представлені об'єктами харчової промисловості: завод по виготовленню томатної пасты «Чумак», що знаходиться на південних околицях міста і який перестав функціонувати у 2010 році; завод по виготовленню соняшникової олії, що розміщений у північно-західному районі; хлібопекарні, що розташувалися в центральному районі міста. Транспортні ландшафти представлені аеровокзалом (на час дослідження не функціонував) та автовокзалом у північних околицях міста і

морським портом – у південних. Лінійний компонент транспортних ландшафтів представлений густою мережею автомобільних шляхів. Детальну локалізацію урболандшафтів на території міста зображено на рис. 2.

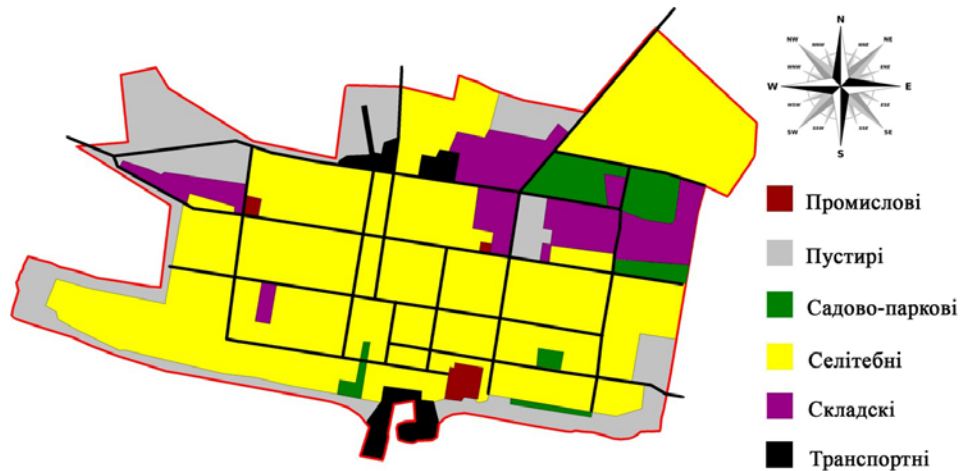


Рис. 2. Ландшафтна диференціація м. Скадовська

У ході дослідження на території Скадовська виявлено 41 вид епіфітних лишайників. За кількістю видів епіфітна ліхенофлора близька до таких міст, як Херсон – 44 таксони (Klymenko, 2015), Полтава – 49 (Dymytrova, 2008b), Тернопіль та Івано-Франківськ – по 45 видів, Луцьк 37 видів (Kondratyuk, 1993, 2008). Види *Arthonia punctiformis*, *Flavoplaca flavocitrina* та *Strangospora ochrophora* для урбанізованих територій Херсонської області наводяться вперше. Повний видовий склад та ліхеноіндикаційні показники відображено в табл. 1.

У результаті розрахунку ІЧПм територію міста було поділено на зони із різною якістю повітря: незабруднена – $f \geq 55,85$; слабозабруднена – $39,05 \leq f \leq 55,85$; середньозабруднена – $22,25 \leq f < 39,05$; дуже забруднена – $f < 22,25$. Мінімальний та максимальний показники ІЧПм на території Скадовська – 22,2 та 71,9 відповідно. Розподіл ліхеноіндикаційних ізотоксичних зон зображено на рис. 3.

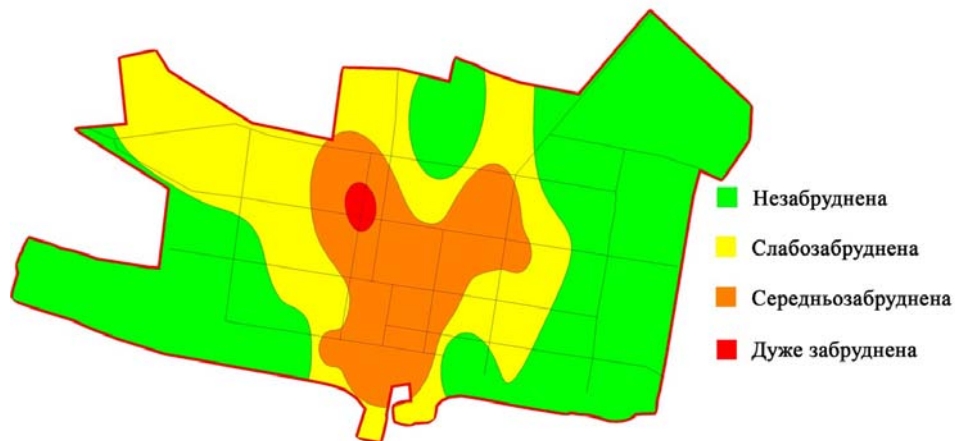


Рис. 3. Розподіл ізотоксичних ліхеноіндикаційних зон на території м. Скадовська

Таблиця 1

**Видовий склад, ліхеноіндикаційні показники та розподіл видів угруповання епіфітних лишайників м. Сказовська
в ліхеноіндикаційних ізотоксичних зонах міста**

№	Вид	Q _i	b								Ізотоксичні зони					
											Дуже забруднена	Середньо-забруднена	Слабо-забруднена	Незабруднена		
			1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	m								
1	<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	12,19	5	2			2			+			+		+	
2	<i>Arthonia punctiformis</i> Ach.	15,00	6				1								+	
3	<i>Athallia pyracea</i> (Ach.) Arup, Frödén & Söchting	10,46	4	3			2				+		+		+	
4	<i>Calogaya decipiens</i> (Arnold) Arup, Frödén & Söchting	11,67	6				1								+	
5	<i>Calogaya lobulata</i> (Flörke) Arup, Frödén & Söchting	10,55	4	3	2		3		+			+			+	
6	<i>Caloplaca saxicola</i> s. lat.	13,75	3	3			2								+	
7	<i>Candelariella aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr.	10,82	5	3			2				+		+		+	
8	<i>Candelariella efflorescens</i> R.C. Harris & W.R. Buck	15,40	6				1			+					+	
9	<i>Candelariella xanthostigma</i> (Pers. ex Ach.) Lettau	11,62	4	3			2								+	
10	<i>Diploptomma alboatrum</i> (Hoffm.) Flot.	14,40	5	2			2								+	
11	<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	12,57	4	3			2				+		+		+	
12	<i>Flavoplaca flavocitrina</i> (Nyl.) Arup, Frödén & Söchting	13,50	6				1								+	
13	<i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	15,75	5	3			2								+	
14	<i>Lecania ephedrae</i> Elenkin	12,93	6				1		+			+			+	
15	<i>Lecania koerberiana</i> J. Lahm	17,00	6				1								+	
16	<i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Röhl	13,18	5	2			2					+	+		+	
17	<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain.	12,15	4	3					+			+	+		+	
18	<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Röhl.	10,64	4	3	2		3		+			+	+		+	
19	<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach.	11,49	4	3			2				+		+		+	

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	<i>Lecanora persimilis</i> (Th. Fr.) Arnold	14,11	6				1				+
21	<i>Lecanora saligna</i> (Schröd.) Zahlbr.	12,08	5	2		2			+		+
22	<i>Lecanora sambuci</i> (Pers.) Nyl.	7,00	6			1			+		
23	<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	12,77	4	3		2			+	+	+
24	<i>Massjukiella polycarpa</i> (Hoffm.) S.Y. Kondr., Fedorenko, S. Stenroos, Kärnefelt, Elix, J.S. Hur & A. Theil	12,50	4	3		2			+		+
25	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	11,57	4	3	2		3		+	+	+
26	<i>Phaeophyscia nigricans</i> (Flörke) Moberg	11,32	3	4	2		3		+	+	+
27	<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg	10,00	2	4	3	1	4	+	+	+	+
28	<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	10,38	2	4	3		3		+	+	+
29	<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	13,00	5	2		2			+		
30	<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.	12,24	5	3		2				+	+
31	<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt	14,20	5	2	2		3		+	+	
32	<i>Pleurosticta acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsch	12,42	5	3		2			+	+	+
33	<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.	12,40	5	2		2			+	+	
34	<i>Ramalina fraxinea</i> (L.) Ach.	15,00	4	3		2			+	+	+
35	<i>Ramalina pollinaria</i> (Westr.) Ach.	14,29	6				1		+	+	+
36	<i>Rinodina pityrea</i> Ropin & H. Mayrhofer	11,32	3	5	2		3		+	+	+
37	<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	11,08	5	3		2			+	+	+
38	<i>Scoliosporum chlorococcum</i> (Graewe ex Stenh.) Vězda	12,28	4	3	2		3		+	+	+
39	<i>Scoliosporum gallurae</i> Vězda & Poelt	11,14	2	5			2		+	+	+
40	<i>Strangospora ochrophora</i> (Nyl.) R.A. Anderson	17,00	6				1				+
41	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Beltr.	10,08	2	4	3		3	+	+	+	+

Найбільша серед ізотоксичних ліхеноіндикаційних зон – незабруднена, її площа – 5,6 км², що становить 51,9 % території міста. Вона тяжіє переважно до периферії Скадовська. Винятком є південні і північно-західні околиці, де спостерігається підвищений рівень забруднення, який ми пов'язуємо з розташуванням тут значущих у логістичному плані транспортних артерій та вузлів. Друга за поширеністю – слабозабруднена зона – 3,2 км² (29,6%). Локалізується ближче до центральних районів (відносно незабрудненої зони) та облямовує середньозабруднену і дуже забруднену зони, площа яких 1,9 км² (17,6 %) і 0,1 км² (0,9 %) відповідно.

Дані площ проекції урболандшафтів на ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони дозволяють ранжувати ландшафти за якістю атмосферного повітря на їх території. Так, найнижчу якість повітря зафіксовано на території транспортних ландшафтів, 30 % території яких розташовано в середньозабрудненій зоні, а найвищу – на території пустирів, понад 96 % території яких розташовано в незабрудненій і слабозабрудненій зонах. Більш повні дані про ізотоксичну структуру урбанізованих ландшафтів міста Скадовська відображено в табл. 2.

Враховуючи низький рівень розвитку промислової інфраструктури, можна виділити два основних вектори надходження політантів до приземних атмосферних шарів міста. Перший – це викиди від опалювальних систем, зокрема комплексу багатопверхових споруд у центрі міста, розташованого вздовж вулиці Сергіївської, між вулицями Джарилгацькою та Незалежності, біля якого сформувалась дуже забруднена зона. Другий – викиди автотранспорту. Густа мережа автомобільних шляхів, у першу чергу по яких не обмежено рух великогабаритного автотранспорту, формує «каркасний скелет» середньозабрудненої зони.

Таблиця 2

Ізотоксичне зонування урбанізованих ландшафтів м. Скадовська (%)

Ізотоксична зона	Урболандшафти					
	селітебні	садово-паркові	промислові	складські	транспортні	пустирі
Незабруднена	51,47	90	70	52,73	20	45,32
Слабозабруднена	23,53	4	20	36,36	50	50,74
Середньозабруднена	23,53	6	10	10,91	30	3,94
Дуже забруднена	1,47	0	0	0	0	0

Аналізуючи дані про відсоток площі маркерів високої якості повітря – незабрудненої і слабозабрудненої зони, який для м. Скадовська становить 81,5 %, та порівнюючи його з аналогічним показником, розрахованим при ліхеноіндикаційних дослідженнях інших міст Херсонської області: Херсон – 34 %, Нова Каховка – 60,2 %, Каховка – 77,9 %, Берислав – 88,75 % (Klymenko, 2015, 2016), можна зробити висновок, що якість повітря на теренах міста Скадовська знаходиться на доволі високому рівні і поступається лише Бериславу. Натомість якість повітря в селітебних ландшафтах Скадовська займає проміжне положення серед череди зазначених міст, із показником площі незабрудненої і слабозабрудненої зони 75 %, поступаючись містам Каховка і Берислав з 83,1 % і 81 % відповідно та перевершуючи Нову Каховку – 31,7 % і Херсон – 37 %.

ВИСНОВКИ

При проведенні ліхеноіндикаційного дослідження якості атмосферного повітря м. Скадовська нами виявлено 41 вид епіфітних лишайників. Види *Arthonia punctiformis*, *Flavoplaca flavocitrina* та *Strangospora ochrophora* наводяться для території урбанізованих ландшафтів Херсонської області вперше. Встановлено закономірності поширення видів у ізотоксичних ліхеноіндикаційних зонах.

Проведено диференціацію ландшафтів міста та їх ліхеноіндикаційне зонування. За аналізом площ проекції ізотоксичних зон на урбанізовані ландшафти встановлено, що найнижча якість повітря – на території транспортних ландшафтів, 30 % полігонального компоненту яких розташовано в середньозабрудненій зоні. Найвищу якість повітря мають пустирі, понад 96 % площі яких розташовано в незабрудненій і слабозабрудненій зонах.

Встановлено, що найбільш суттєвими джерелами погіршення якості повітря є автомобільний транспорт і опалювальні системи будинків.

За аналізом відсотка площ ліхеноіндикаційних зон на території міста встановлено, що якість приземних шарів атмосферного повітря в м. Скадовську – одна з найвищих серед міст Херсонської області.

Автор виражає щиру подяку професору кафедри ботаніки Херсонського державного університету О. Є. Ходосовцеву за люб'язну допомогу у визначенні лишайників та консультації при написанні статті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Dymytrova, L. V., 2008a. Likhenoidnykatsiya zabrudnennya atmosfernoho povitrya m. Kyeva [Lichen indication of air pollution in Kyiv city]. Ukr. botan. journ. 65(4), 572–585 (in Ukrainian).
- Dymytrova, L. V., 2008b. Likhenoidnykatsiya zabrudnennya atmosfernoho povitrya u m. Poltava [Lichen indication of air pollution in Poltava city]. Ukr. bot. zhurn. 65(1), 133–140 (in Ukrainian).
- Khodosovtsev, A. E., 1995. Lichenoidnykatsionnaya otsenka stepeni zagryaznennosti vozduha v gorode Hersone [Lichen indication assessment of air pollution in the city of Kherson]. Konstanty 2(4), 52–60 (in Russian).
- Khodosovtseva, Yu. A., 2009. Likhenoidnykatsiyna otsinka yakosti atmosfernoho povitrya rekreatsinykh landshaftiv Yaltynskoho amfiteatru [Lichen indication assessment of air quality recreational landscapes Yalta amphitheater]. Chornomorsk. bot. z. 5(3), 397–405 (in Ukrainian).
- Khodosovtseva, Yu. A., 2011. Lyshaynyky yak indykatory yakosti atmosfernoho povitrya urbanizovanykh landshaftiv Yaltynskoho amfiteatru [Lichens as indicators of air quality in urban landscapes Yalta amphitheater]. Biologichni systemy 2(3), 63–68 (in Ukrainian).
- Klymenko, V. M., 2015. Likhenoidnykatsiyna otsinka zmin yakosti atmosfernoho povitrya mista Khersona za 20 rokiv [Lichen indication assessment of changes in the air quality of Kherson town for the past 20 years]. Chornomorsk. bot. z. 11(4), 521–534 (in Ukrainian).
- Klymenko, V. M., 2016. Likhenoidnykatsiyna otsinka yakosti povitrya nevelykykh i serednih mist pivdnya Ukrainy [Lichen indication assessment of air quality in small and medium-sized towns in southern Ukraine]. Chornomorsk. bot. z. 12(2), 191–205 (in Ukrainian).
- Kondratyuk, S. Y., 1994. Lichen indication mapping of air pollution in Ukraine. Ukr. Bot. J. 51(2–3), 148–153.
- Kondratyuk, S. Ya., 2008. Indykatsiyna stanu navkolyshnoho seredovyscha Ukrainy za dopomohoi lyshaynykiv [Indication of environment state of Ukraine with lichens]. Naukova dumka, Kyiv (in Ukrainian).
- Natsionalnyi atlas Ukrainy, 2007 [National Atlas of Ukraine]. NAN Ukrainy. Kartografiya, Kyiv (in Ukrainian).
- Pozachenyuk, O. A., 2003. Territorialnoe planirovanie [Territorial planning]. Dolia, Simferopol (in Russian).
- Pylypenko, I., 2007. Geografiya Khersonschyny [Geography of Kherson region]. Vischemirskiy V. S., Kherson.

Стаття надійшла в редакцію 10.04.2017

BIOREMEDIATION OF ENVIRONMENT



O. M. Moroz ✉
S. O. Hnatysh
Ch. I. Bohoslavets
T. M. Hrytsun'
B. M. Borsukevych

Cand. Sci. (Biol.), Sen. Res. Sci.
Cand. Sci. (Biol.), Professor

UDK 579.[22+26+68+81]+
546.3

Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevskiy Str., 4, Lviv, Ukraine, 79005

THE INFLUENCE OF POTASSIUM DICHROMATE ON DISSIMILATORY REDUCTION OF SULFATE AND NITRATE IONS BY BACTERIA *DESULFOVIBRIO* SP.

Abstract. Sulfate reducing bacteria, capable to reductive transformation of different nature pollutants, used in biotechnologies of purification of sewage, contaminated by carbon, sulfur, nitrogen and metal compounds. H_2S formed by them sediment metals to form of insoluble sulfides. Number of metals can be used by these microorganisms as electron acceptors during anaerobic respiration. Because under the influence of metal compounds observed slowing of bacteria metabolism, selection isolated from technologically modified ecotops resistant to pollutions strains is important task to create a new biotechnologies of purification. That's why the purpose of this work was to study the influence of potassium dichromate, present in medium, on reduction of sulfate and nitrate ions by sulfate reducing bacteria *Desulfovibrio desulfuricans* IMV K-6, *Desulfovibrio* sp. Yav-6 and *Desulfovibrio* sp. Yav-8, isolated from Yavorivske Lake, to estimate the efficiency of possible usage of these bacteria in technologies of complex purification of environment from dangerous pollutants.

Bacteria were cultivated in modified Kravtsov-Sorokin medium without SO_4^{2-} and $FeCl_2 \times 4H_2O$ for 10 days. To study the influence of $K_2Cr_2O_7$ on usage by bacteria SO_4^{2-} or NO_3^- cells were seeded to media with $Na_2SO_4 \times 10H_2O$ or $NaNO_3$ and $K_2Cr_2O_7$ at concentrations of 1.74 mM for total content of electron acceptors in medium 3.47 mM (concentration of SO_4^{2-} in medium of standard composition). Cells were also seeded to media with 3.47 mM $Na_2SO_4 \times 10H_2O$, $NaNO_3$ or $K_2Cr_2O_7$ to investigate their growth in media with SO_4^{2-} , NO_3^- or $Cr_2O_7^{2-}$ as sole electron acceptor (control). Biomass was determined by turbidimetric method, content of sulfate, nitrate, dichromate, chromium (III) ions, hydrogen sulfide or ammonia ions in cultural liquid – by spectrophotometric method.

It was found that $K_2Cr_2O_7$ inhibits growth (2.2 and 1.3 times) and level of reduction by bacteria sulfate or nitrate ions (4.2 and 3.0 times, respectively) at simultaneous addition into cultivation medium of 1.74 mM SO_4^{2-} or NO_3^- and 1.74 mM $Cr_2O_7^{2-}$, compared with growth and level of reduction of sulfate or nitrate ions in medium only with SO_4^{2-} or NO_3^- as sole electron acceptor. Revealed that during cultivation of bacteria in presence of equimolar amount of SO_4^{2-} or NO_3^- and $Cr_2O_7^{2-}$, last used by bacteria faster, content of Cr^{3+} during whole period of bacteria cultivation exceeded content H_2S or NH_4^+ . $K_2Cr_2O_7$ in medium has most negative influence on dissimilatory reduction by bacteria SO_4^{2-} than NO_3^- , since level of nitrate ions reduction by cells in medium with

✉ Tel.: +38067-811-86-44. E-mail: moroz_oksana@yahoo.com

DOI: 10.15421/031708

NO_3^- and $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ was a half times higher than level of sulfate ions reduction by it in medium with SO_4^{2-} and $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. The ability of bacteria *Desulfovibrio* sp. to priority reduction of $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ and after their exhaustion – NO_3^- and SO_4^{2-} in the processes of anaerobic respiration can be used in technologies of complex purification of environment from toxic compounds.

Key words: sulfate reducing bacteria, dichromate, nitrate, sulfate ions.

УДК 579.[22+26+68+81]+
546.3

О. М. Мороз
С. А. Гнатуш
Х. И. Богославец
Т. М. Грицунь
Б. М. Борсукевич

канд. биол. наук, ст. науч. сотр.
канд. биол. наук, проф.

Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
ул. Грушевского, 4, г. Львов, Украина, 79005,
тел.: +38067-811-86-44, e-mail: moroz_oksana@yahoo.com

ВЛИЯНИЕ КАЛИЙ БИХРОМАТА НА ДИССИМИЛЯЦИОННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ СУЛЬФАТА И НИТРАТА БАКТЕРИЯМИ *DESULFOVIBRIO* SP.

Аннотация. Исследовано влияние калий бихромата при наличии его в среде культивирования на восстановление сульфат- и нитрат-ионов сульфатвосстанавливающими бактериями *Desulfovibrio desulfuricans* ИМБ К-6, *Desulfovibrio* sp. Yav-6 и *Desulfovibrio* sp. Yav-8, выделенными из озера Яворовское. Установлено, что калий бихромат подавляет рост (в 2,2 и 1,3 раза) и уровень восстановления бактериями ионов сульфата или нитрата (в 4,2 и 3,0 раза соответственно) при одновременном внесении в среду культивирования 1,74 мМ SO_4^{2-} или NO_3^- и 1,74 мМ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, по сравнению с ростом и уровнем восстановления ионов сульфата или нитрата в среде только с SO_4^{2-} или NO_3^- как единственным акцептором электронов. Выявлено, что в условиях культивирования бактерий в присутствии эквимольного количества сульфат- или нитрат и бихромат-ионов последние используются бактериями быстрее, содержание ионов хрома (III) в течение всего времени культивирования бактерий превышало содержание H_2S или NH_4^+ . Калий бихромат в среде более негативно влиял на диссимиляционное восстановление бактериями ионов сульфата, чем нитрата, поскольку уровень восстановления ионов нитрата клетками в среде с NO_3^- и $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ в полтора раза превышал уровень использования ими ионов сульфата в среде с SO_4^{2-} и $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Способность бактерий *Desulfovibrio* sp. до первоочередного использования ионов бихромата, а после их исчерпания – ионов нитрата и сульфата в процессах анаэробного дыхания может быть использована в технологиях комплексной очистки окружающей среды от опасных загрязнителей.

Ключевые слова: сульфатвосстанавливающие бактерии, ионы бихромата, нитрата, сульфата.

УДК 579.[22+26+68+81]+
546.3

О. М. Мороз
С. О. Гнатуш
Х. І. Богославець
Т. М. Грицунь
Б. М. Борсукевич

канд. біол. наук, ст. наук. співр.
канд. біол. наук, проф.

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, Україна, 79005,
тел.: +38067-811-86-44, e-mail: moroz_oksana@yahoo.com

ВПЛИВ КАЛІЙ БІХРОМАТУ НА ДИССИМІЛЯЦІЙНЕ ВІДНОВЛЕННЯ ІОНІВ СУЛЬФАТУ І НІТРАТУ БАКТЕРІЯМИ *DESULFOVIBRIO* SP.

Анотація. Досліджено вплив калій біхромату за наявності його в середовищі культивування на відновлення сульфат- та нітрат-йонів сульфатвідновлювальними бактеріями

Desulfovibrio desulfuricans IMB K-6, *Desulfovibrio* sp. Yav-6 і *Desulfovibrio* sp. Yav-8, виділеними з озера Яворівське. Встановлено, що калій біхромат пригнічує ріст (у 2,2 і 1,3 разу) та рівень відновлення бактеріями йонів сульфату або нітрату (у 4,2 і 3,0 разу відповідно) за одночасного внесення в середовище культивування 1,74 мМ SO_4^{2-} або NO_3^- та 1,74 мМ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, порівняно з ростом і рівнем відновлення йонів сульфату або нітрату в середовищі лише з SO_4^{2-} чи NO_3^- як єдиним акцептором електронів. Виявлено, що за умов культивування бактерій у присутності еквімолярної кількості сульфат- чи нітрат- і біхромат-йонів останні використовуються бактеріями швидше, вміст йонів хрому (III) впродовж усього часу культивування бактерій перевищував вміст H_2S чи NH_4^+ . Калій біхромат у середовищі більш негативно впливав на дисиміляційне відновлення бактеріями йонів сульфату, ніж нітрату, оскільки рівень відновлення йонів нітрату клітинами в середовищі з NO_3^- та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ у півтора разу перевищував рівень використання ними йонів сульфату в середовищі з SO_4^{2-} та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Здатність бактерій *Desulfovibrio* sp. до першочергового використання йонів біхромату, а за їх вичерпання – йонів нітрату і сульфату в процесах анаеробного дихання може бути використана в технологіях комплексного очищення довкілля від небезпечних забруднювачів.

Ключові слова: сульфатвідновлювальні бактерії, йони біхромату, нітрату, сульфату.

ВСТУП

Факультативно анаеробні бактерії окиснюють органічні субстрати або молекулярний водень з використанням різних акцепторів електронів. Дисиміляційне відновлення йонів сульфату до сульфідів у сульфатвідновлювальних бактерій відбувається в цитоплазмі з утворенням аденозин-5'-фосфосульфату (АФС) як проміжного продукту. Етапи сульфатредукції каталізуються АТФ-сульфурилазою, АФС-редуктазою, низкою сульфитредуктаз (Lengeler et al., 2005). Нітрати, нітрити та інші окиснені сполуки нітрогену можуть відновлювати мікроорганізми, які синтезують нітрат- і нітритредуктазу (Lengeler et al., 2005). Нітратредуктаза Nar GH є ферментним комплексом, до складу якого входять мультигемовий цитохром типу *b*, білки з Fe-S-кластерами і Мо-вмісний кофактор (Morozkina and Zvyagilskaya, 2007; Kozlova et al., 2008). Описано нітратредукцію з утворенням нітриту і подальшим відновленням його комплексом периплазматичних дисиміляційних нітритредуктаз до NH_4^+ у *Desulfovibrio desulfuricans* та *Wolinella succinogenes* (Bokranz et al., 1983; Peretyatko and Gudz, 2011; Moroz, 2013). Мембранозв'язані металоредуктази (тетра- і декагемові цитохроми типу *c*) у *Shevanella frigidimarina* локалізовані між внутрішньою і зовнішньою мембранами та в периплазмі, через які електрони з цитоплазми від реакцій метаболізму сполук карбону передаються назовні клітини, де, власне, і відновлюються катіони чи кисневмісні аніони металів або радіонукліди (Lengeler et al., 2005; Lovley, 2006; Richter et al., 2012; Fitzgerald et al., 2013).

Промислові стоки, кислі дренажні води сміттєзвалищ і шахт, затоплені кар'єри родовищ сірки (озеро Яворівське) містять, окрім токсичних сульфур- і нітрогеновмісних сполук, йони металів, зокрема хрому. Хоча хром є одним із найпоширеніших елементів земної кори ($100\text{--}300 \text{ мг}\times\text{г}^{-1}$) (Viti et al., 2014), його нагромадження в біосфері в основному є результатом антропогенної діяльності. Cr (VI) (у складі хроматів і біхроматів) – розчинний, дуже токсичний для живих організмів, мутагенний і канцерогенний для людини (Gibb et al., 2000). Для виживання в забрудненому Cr (VI) довкіллі мікроорганізми мають різні механізми стійкості, такі як видалення йонів хромату з цитоплазми або позаклітинне відновлення Cr (VI) до Cr (III) (Morais et al., 2011; Belchik et al., 2011; Caballero-Flores et al., 2012; Viti et al., 2014). Незважаючи на те, що ріст мікроорганізмів стимулюють низькі концентрації хроматів в середовищі, їх наявність сильно модифікує експресію генів, продукти яких задіяні в метаболізмі бактерій (транспорті і перетворенні вуглеводів, амінокислот, утворенні і використанні енергії у формі АТФ тощо), спричиняючи інгібування нагромадження біомаси (Henne et al., 2009; Monsieurs et al., 2011).

Сульфатвідновлювальні бактерії (*Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum*, *Desulfobacterium*, *Desulfocapsa*, *Desulfofrigus*, *Desulfobulbus*, *Desulfococcus*, *Desulfobacter* і ін.), які здатні до відновної трансформації полутантів різної природи, використовують у технологіях очищення вод, забруднених сполуками карбону, сульфуру, нітрогену та металів, біологічними методами (Lovley, 2006; Frank and Lushnikov, 2006; Kozlova et al., 2008; Viti et al., 2014). Гідроген сульфід, утворений ними, осаджує важкі метали у формі нерозчинних сульфідів (Gudz et al., 2011). Метали із змінною валентністю (Cr (VI), Fe (III), Mn (IV), U (VI) Tc (VII), Pd (II), V (V), Mo (VI), Cu (II) тощо) можуть бути використані цими мікроорганізмами як акцептори електронів у процесі анаеробного дихання, незважаючи на їх токсичність за високих концентрацій (Tebo and Obraztsova, 1998; Moroz et al., 2016). Оскільки за впливу сполук металів спостерігається сповільнення метаболізму бактерій, відбір виділених із техногенно змінених екоотопів резистентних до забруднень штамів, здатних перетворювати сполуки різної природи, є особливо актуальним завданням для створення біотехнологій очищення (Frank and Lushnikov, 2006). Тому метою роботи було вивчити вплив калій біхромату за наявності його в середовищі культивування на відновлення сульфат- та нітрат-йонів сульфатвідновлювальними бактеріями *Desulfovibrio desulfuricans* IMB K-6, *Desulfovibrio* sp. Yav-6 і *Desulfovibrio* sp. Yav-8, виділеними з водойми кар'єру Яворівського сіркового родовища, для оцінки ефективності можливого використання цих бактерій у технологіях комплексного очищення довкілля від небезпечних забруднювачів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сульфатвідновлювальні бактерії *Desulfovibrio desulfuricans* IMB K-6, *Desulfovibrio* sp. Yav-6, *Desulfovibrio* sp. Yav-8 виділені з озера Яворівське, ідентифіковані і зберігаються в колекції культур мікроорганізмів кафедри мікробіології ЛНУ імені Івана Франка (Peretyatko et al., 2009; Moroz, 2010).

Бактерії вирощували упродовж 10 діб у модифікованому середовищі Кравцова-Сорокіна (Gudz et al., 2014) без SO_4^{2-} і без $\text{FeCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ такого складу (г/л): $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}$ – 0,84; K_2HPO_4 – 0,5; NH_4Cl – 0,16; $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,5; натрій лактат ($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$) – 2,0 за анаеробних умов, температури 30°C у пробірках, об'ємом 25 мл, доверху заповнених середовищем. Перед засівом у середовище вносили 0,05 мл стерильного розчину $\text{Na}_2\text{S} \times 9\text{H}_2\text{O}$ (1 %). Для доведення pH середовища до 7,2 використовували стерильний 10 н розчин NaOH. Бактерії висівали в середовище до початкової концентрації клітин 0,1 г/л або близько 10^8 КУО/мл.

Розчини $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$, Na_2SO_4 , NaNO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ стерилізували окремо й вносили в середовище перед засівом клітин. Для вивчення впливу калій біхромату на використання бактеріями йонів сульфату або нітрату клітини, попередньо вирощені в середовищі з фумаратом (3,47 мМ) до середини експотенційної фази росту, висівали в середовище з $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$ або NaNO_3 та $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ за їх концентрацій 1,74 мМ для отримання сумарного вмісту акцепторів електронів у середовищі 3,47 мМ (концентрація SO_4^{2-} у середовищі стандартного складу). Клітини також висівали в середовища з 3,47 мМ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$, NaNO_3 або $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ для перевірки їх росту в середовищах з SO_4^{2-} , NO_3^- або $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ як єдиним акцептором електронів (контроль). До середовищ з NaNO_3 та $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ або без не додавали NH_4Cl . У середовища з $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та/або NaNO_3 вносили сульфурвмісну амінокислоту цистеїн (0,2 г/л) для задоволення асиміляційних потреб бактерій у сульфурі (Lengeler et al., 2005). На 2-, 4-, 6-, 8- та 10-ту добу росту визначали біомасу, вміст йонів сульфату або нітрату, біхромату, хрому (III), гідроген сульфідів або йонів амонію в культуральній рідині.

Біомасу визначали турбідиметричним методом за мутністю суспензії клітин шляхом її вимірювання на фотоелектроколориметрі КФК-3 при довжині хвилі 340 нм у кюветі з оптичним шляхом 3 мм і розраховували за формулою: $S, \text{ г/л} = (E_{340} - n)/0,19$, де E_{340} – екстинкція ($\lambda=340 \text{ нм}$); n – фактор розведення; 0,19 – коефіцієнт перерахунку, отриманий за калібрувальною кривою залежності екстинкції

від сухої маси клітин (Gudz et al., 2014). Концентрацію гідроген сульфід у культуральній рідині, відокремлений від клітин центрифугуванням (6 тис. об./хв, 15 хв), визначали спектрофотометрично за утворенням метиленової сині (Gudz et al., 2014). У культуральній рідині визначали також концентрації сульфат-йонів турбідиметричним методом за утворенням бар'їв сульфату після їх осадження бар'їв хлоридом, йонів нітрату за реакцією з реактивом Грісса (N-(1-нафтил)етилендіамін, сульфанілова і оцтова кислоти), біхромату за взаємодією з дифенілкарбазидом, хрому (III) за реакцією з хромазуролом S та йонів амонію колориметричним методом за утворенням індофенолу (Gudz et al., 2014).

Досліди повторювали тричі з трьома паралельними постановками для кожного варіанту експериментальних та контрольних умов. Отримані дані опрацьовували з використанням програми Microsoft Excel 2010. Для оцінки достовірності різниці між статистичними характеристиками двох альтернативних сукупностей даних обраховували коефіцієнт Стюдента t . Достовірною вважалася різниця при рівні значимості $p \leq 0,05$ (Lakyn, 1990).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У природних умовах, де переважно є кілька можливих акцепторів електронів анаеробного дихання, бактерії в першу чергу відновлюють ті, стандартний окисно-відновний потенціал яких вищий. Послідовність відновлення акцепторів електронів мікроорганізмами за їх одночасної наявності в середовищі з'ясована недостатньо. У різних мікроорганізмів вона детермінована генетично і контролюється складними регуляторними механізмами (Lengeler et al., 2005). Раніше нами було показано, що сульфатвідновлювальні бактерії роду *Desulfovibrio* окрім йонів сульфату чи нітрату можуть використовувати окиснені форми важких металів зі змінною валентністю, зокрема, йони біхромату як кінцеві акцептори електронів (Moroz, 2013; Moroz et al., 2016). Відновлення йонів металів мембранозв'язаними металоредуктазами є одним із механізмів захисту цих бактерій від їх токсичної дії і здійснюється поза клітиною, що супроводжується вивільненням у середовище значної кількості електронів (Richter et al., 2012). Для оцінки ефективності можливого застосування виділених нами з озера Яворівське бактерій *Desulfovibrio* sp. у технологіях очищення доквілля від сполук металів, сульфур та нітрогену доцільно було дослідити закономірності відновлення ними сульфат- або нітрат-йонів за одночасної наявності в середовищі іншого акцептора електронів – йонів біхромату.

За внесення в середовище культивування 1,74 мМ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$ та 1,74 мМ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ спостерігалось пригнічення росту бактерій, порівняно з ростом у середовищах, у яких були наявні лише натрій сульфат або калій біхромат (рис. 1, табл. 1). Біомаса бактерій *D. desulfuricans* IMB K-6, *Desulfovibrio* sp. Yav-6 і *Desulfovibrio* sp. Yav-8 після 10 діб росту в середовищі з SO_4^{2-} (2,72–2,85 г/л) виявилася майже вдвічі вищою, ніж у середовищі з $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (1,39–1,49 г/л). Біомаса бактерій, вирощених упродовж цього ж часу в середовищі з йонами сульфату та біхромату, не перевищувала 1,26–1,33 г/л і була у 2,1–2,2 разу нижчою, ніж при використанні бактеріями лише йонів сульфату, і в 1,1 разу нижчою, ніж при використанні бактеріями лише йонів біхромату.

Відомо, що транспорт йонів біхромату в клітину відбувається за участю транспортної системи йонів сульфату (Ramirez-Diaz et al., 2008; Viti et al., 2014). Можна припустити, що саме конкуренція за транспортну систему є причиною зниження рівня використання йонів сульфату клітинами в середовищі з йонами сульфату та біхромату (який не перевищував 22,4–25,3 %), порівняно з рівнем їх відновлення в середовищі лише з йонами сульфату як єдиним акцептором електронів (який становив 93,7–96,0 %) (табл. 1). У середовищі з йонами сульфату та біхромату клітини утворювали лише 0,38–0,46 мМ гідроген сульфід. Рівень використання йонів біхромату клітинами в середовищі з йонами сульфату та біхромату (який становив 47,1–48,3 %) виявився нижчим, ніж рівень їх відновлення в середовищі

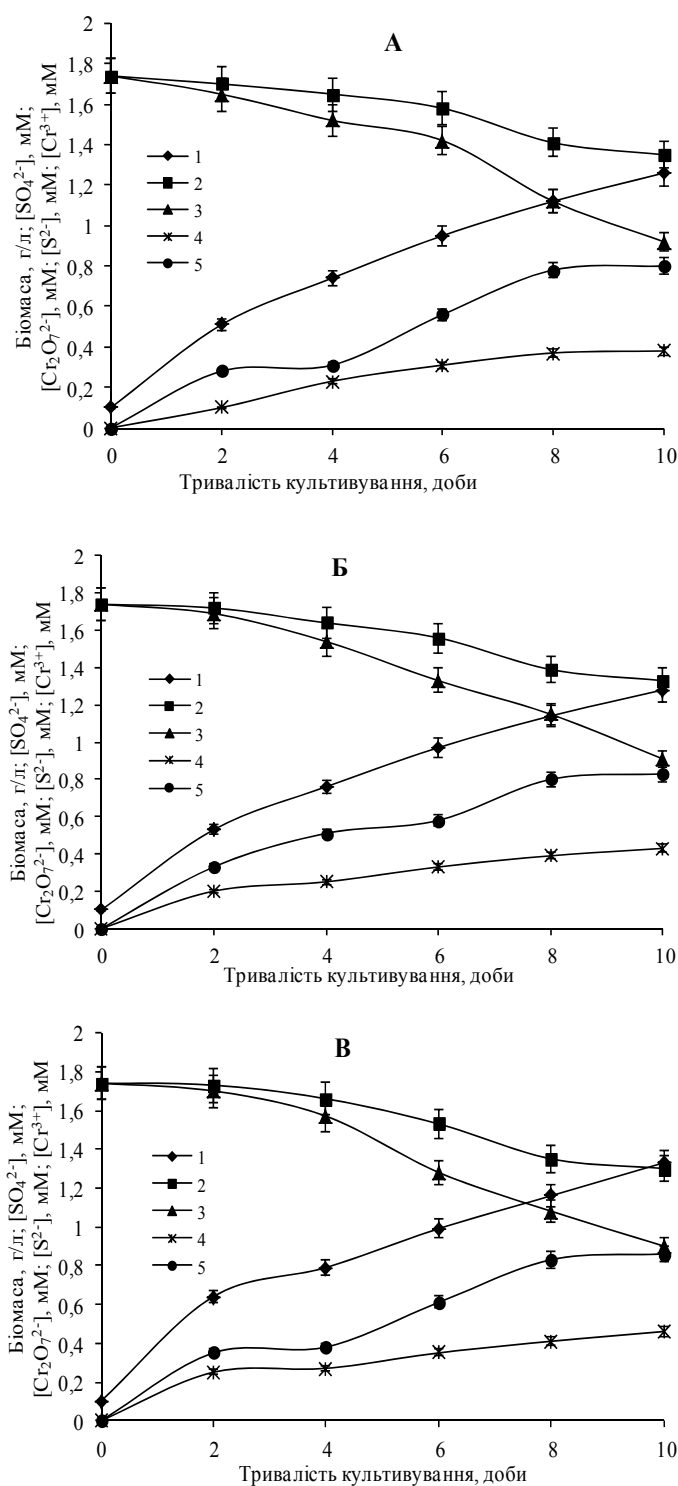


Рис. 1. Нагромадження біомаси, вміст іонів сульфату, біхромату, хрому (III) та гідроген сульфід у культуральній рідині під час росту *D. desulfuricans* IMB K-6 (A), *Desulfovibrio* sp. Yav-6 (Б) та *Desulfovibrio* sp. Yav-8 (В) у середовищі з 1,74 mM SO₄²⁻ та 1,74 mM Cr₂O₇²⁻: 1 – біомаса; 2 – сульфат-іони; 3 – біхромат-іони; 4 – гідроген сульфід; 5 – йони хрому (III)

лише з йонами біхромату як єдиним акцептором електронів (який становив усього 53,3–56,5 % у зв'язку з токсичністю $K_2Cr_2O_7$ для клітин за концентрації 3,47 мМ), але перевищував рівень використання бактеріями йонів сульфату у 1,9–2,1 разу. У середовищі з йонами сульфату та біхромату клітини утворювали 0,80–0,86 мМ йонів хрому (III). Незважаючи на те, що в середовищі з SO_4^{2-} та $Cr_2O_7^{2-}$ гідроген сульфід, утворений бактеріями в процесі сульфатредукції, підсилює хроматредукцію внаслідок його взаємодії з йонами біхромату з утворенням хром-сульфур вмісного комплексу $\{H_2O_4Cr^V S\}^{2-}$ та подальшим утворенням $Cr(OH)_3$ (Vainshtein et al., 2003), послідовність відновлення йонів сульфату та біхромату в основному визначається електрохімічними закономірностями: у першу чергу відновлюється акцептор електронів з вищим стандартним окисно-відновним потенціалом, тобто $Cr_2O_7^{2-}$ (окисно-відновний потенціал у пари $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$ ($E_0' = +1,33$ В) значно вищий, ніж у пари HSO_3^- (утворюється внаслідок відновлення SO_4^{2-})/ HS^- ($E_0' = -0,12$ В)) (Lengeler et al., 2005). За наявності в середовищі одночасно йонів і сульфату, і біхромату, можливо, зростає рівень проникнення в клітину йонів біхромату, де відбувається їх взаємодія з внутрішньоклітинними відновниками (амінокислотами, нуклеотидами, цукрами, органічними кислотами, глутатионом, флавоензимами, вітамінами), утворення хімічно активних інтермедіатів Cr (V) і/або Cr (IV), активних радикалів ксисно і йонів хрому (III), що призводить до інгібування біосинтетичних та енергетичних процесів у клітині (Viti et al., 2014). За наявності в середовищі лише йонів біхромату як єдиного акцептора електронів їх відновлення, очевидно, здійснюється переважно або в більшій мірі поза клітиною дією металоредуктаз, зв'язаних з мембранами (що є важливим механізмом захисту бактерій від токсичної дії Cr (VI)), про що свідчить вища біомаса, нагромаджена бактеріями всіх штамів у середовищі з $Cr_2O_7^{2-}$, порівняно з середовищем, яке містило йони сульфату та біхромату.

Таблиця 1

Використання SO_4^{2-} і $Cr_2O_7^{2-}$ сульфатвідновлювальними бактеріями після 10 діб росту в середовищах з натрій сульфатом та/або калій біхроматом*

Штам	Акцептор електронів анаеробного дихання	Залишковий вміст у культуральній рідині		Рівень відновлення		Біомаса, г/л
		$[SO_4^{2-}]$, мМ	$[Cr_2O_7^{2-}]$, мМ	$[SO_4^{2-}]$, %	$[Cr_2O_7^{2-}]$, %	
<i>D. desulfuricans</i> IMB K-6	SO_4^{2-}	0,22±0,04	0	93,7	0	2,72±0,04
	SO_4^{2-} і $Cr_2O_7^{2-}$	1,35±0,07	0,92±0,03	22,4	47,1	1,26±0,03
	$Cr_2O_7^{2-}$ **	0	1,62±0,04	0	53,3	1,39±0,03
<i>Desulfovibrio</i> sp. Yav-6	SO_4^{2-}	0,19±0,03	0	94,5	0	2,79±0,02
	SO_4^{2-} і $Cr_2O_7^{2-}$	1,33±0,04	0,91±0,03	23,6	47,7	1,28±0,06
	$Cr_2O_7^{2-}$ **	0	1,58±0,06	0	54,5	1,45±0,03
<i>Desulfovibrio</i> sp. Yav-8	SO_4^{2-}	0,14±0,02	0	96,0	0	2,85±0,07
	SO_4^{2-} і $Cr_2O_7^{2-}$	1,30±0,05	0,90±0,05	25,3	48,3	1,33±0,06
	$Cr_2O_7^{2-}$ **	0	1,51±0,04	0	56,5	1,49±0,04

* Вихідна концентрація SO_4^{2-} або $Cr_2O_7^{2-}$ у середовищі – 3,47 мМ, за наявності у середовищі SO_4^{2-} і $Cr_2O_7^{2-}$ – 1,74 мМ.

** До середовища з йонами біхромату вносили цистеїн (0,2 г/л).

Отже, встановлено, що калій біхромат пригнічує ріст (у 2,1–2,2 разу) і рівень відновлення йонів сульфату (у 3,8–4,2 разу) бактеріями роду *Desulfovibrio* за одночасного внесення в середовище культивування 1,74 мМ SO_4^{2-} та $Cr_2O_7^{2-}$, порівняно з ростом і рівнем відновлення йонів сульфату в середовищі лише з SO_4^{2-} як єдиним акцептором електронів. За умов культивування бактерій у присутності еквімолярної кількості сульфат- і біхромат-йонів останні використовуються бактеріями практично вдвічі швидше.

За одночасного внесення в середовище культивування 1,74 мМ NaNO₃ та 1,74 мМ K₂Cr₂O₇ спостерігалось пригнічення росту бактерій, порівняно з ростом у середовищі лише з натрій нітратом. У середовищі з йонами нітрату і біхромату біомаса була вищою, ніж лише з калій біхроматом (рис. 2, табл. 2). Біомаса бактерій *D. desulfuricans* IMB K-6, *Desulfovibrio* sp. Yav-6 і *Desulfovibrio* sp. Yav-8 після 10 діб росту в середовищі з NO₃⁻ (1,81–2,04 г/л) виявилася майже в півтора разу вищою, ніж у середовищі з Cr₂O₇²⁻ (1,39–1,49 г/л). Біомаса бактерій, вирощених упродовж 10 діб у середовищі з йонами нітрату та біхромату, не перевищувала 1,51–1,58 г/л і була в 1,2–1,3 разу нижчою, ніж при використанні бактеріями лише йонів нітрату, але в 1,1 разу вищою, ніж при використанні бактеріями лише йонів біхромату.

Таблиця 2

Використання NO₃⁻ і Cr₂O₇²⁻ сульфатвідновлювальними бактеріями після 10 діб росту в середовищі з цистеїном, натрій нітратом та/або калій біхроматом*

Штам	Акцептор електронів анаеробного дихання	Залишковий вміст у культуральній рідині		Рівень відновлення		Біомаса, г/л
		[NO ₃ ⁻], мМ	[Cr ₂ O ₇ ²⁻], мМ	[NO ₃ ⁻], %	[Cr ₂ O ₇ ²⁻], %	
<i>D. desulfuricans</i> IMB K-6	NO ₃ ⁻ **	0,09±0,01	0	97,4	0	1,81±0,02
	NO ₃ ⁻ і Cr ₂ O ₇ ²⁻ **	1,18±0,02	0,89±0,05	32,2	48,9	1,51±0,04
	Cr ₂ O ₇ ²⁻	0	1,62±0,04	0	53,3	1,39±0,03
<i>Desulfovibrio</i> sp. Yav-6	NO ₃ ⁻ **	0,06±0,01	0	98,2	0	1,92±0,02
	NO ₃ ⁻ і Cr ₂ O ₇ ²⁻ **	1,16±0,02	0,84±0,02	33,3	51,7	1,56±0,05
	Cr ₂ O ₇ ²⁻	0	1,58±0,06	0	54,5	1,45±0,03
<i>Desulfovibrio</i> sp. Yav-8	NO ₃ ⁻ **	0,03±0,01	0	99,1	0	2,04±0,05
	NO ₃ ⁻ і Cr ₂ O ₇ ²⁻ **	1,10±0,01	0,82±0,04	36,8	52,9	1,58±0,04
	Cr ₂ O ₇ ²⁻	0	1,51±0,04	0	56,5	1,49±0,04

* Вихідна концентрація NO₃⁻ або Cr₂O₇²⁻ у середовищі – 3,47 мМ, за наявності у середовищі NO₃⁻ і Cr₂O₇²⁻ – 1,74 мМ.

** До середовищ з NO₃⁻ і Cr₂O₇²⁻ або без не додавали NH₄Cl.

Можливо, що йони біхромату негативно впливають на активність молібденовмісної мембранозв'язаної дисиміляційної нітратредуктази та комплексу периплазматичних дисиміляційних нітритредуктаз у бактерій роду *Desulfovibrio* (Morozkina and Zvyagil'skaya, 2007; Kozlova et al., 2008) внаслідок модифікації активної конформації чи денатурації білкових молекул або в результаті можливого пошкодження структури цитоплазматичної мембрани (що може бути причиною блокування транспорту йонів нітрату всередину і швидкого винесення токсичного нітриту за межі клітини), оскільки спостерігали зниження рівня використання йонів нітрату клітинами в середовищі з йонами нітрату та біхромату (який не перевищував 32,2–36,8 %), порівняно з рівнем їх відновлення в середовищі лише з йонами нітрату як єдиним акцептором електронів (який становив 97,4–99,1 %) (табл. 2). У середовищі з йонами нітрату та біхромату клітини утворювали лише 0,51–0,61 мМ йонів амонію. Рівень використання йонів біхромату клітинами в середовищі з йонами нітрату та біхромату (який становив 48,9–52,9 %) виявився нижчим, ніж рівень їх відновлення в середовищі лише з йонами біхромату як єдиним акцептором електронів (який становив 53,3–56,5 %), але перевищував рівень використання бактеріями йонів нітрату у 1,4–1,5 разу. У середовищі з йонами нітрату та біхромату клітини утворювали 0,84–0,91 мМ йонів хрому (III). Оскільки окисно-відновний потенціал у пари Cr₂O₇²⁻/Cr³⁺ ($E_0' = +1,33$ В) значно вищий, ніж у пари NO₂⁻ (утворюється внаслідок відновлення NO₃⁻)/NH₄⁺ ($E_0' = +0,34$ В) (Lengeler et al., 2005), у середовищі з йонами нітрату та біхромату бактерії спочатку відновлювали йони біхромату, потім – нітрату, тому рівень використання йонів біхромату клітинами всіх штамів перевищував рівень використання йонів нітрату майже в півтора разу.

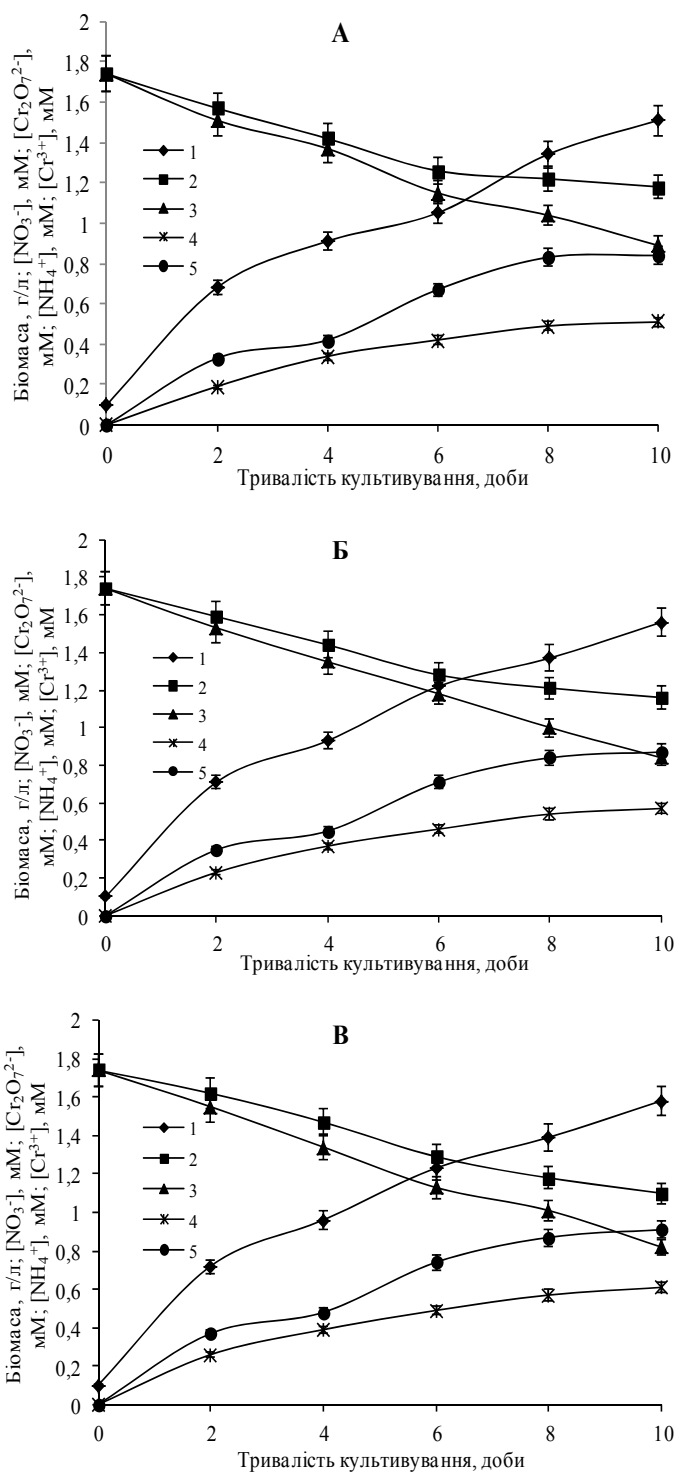


Рис. 2. Нагромадження біомаси, вміст іонів нітрату, біхромату, амонію та хрому (III) у культуральній рідині під час росту *D. desulfuricans* IMB K-6 (А), *Desulfovibrio* sp. Yav-6 (Б) та *Desulfovibrio* sp. Yav-8 (В) у середовищі з 1,74 мМ NO_3^- та 1,74 мМ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$: 1 – біомаса; 2 – нітрат-іони; 3 – біхромат-іони; 4 – іони амонію; 5 – іони хрому (III)

Можливо, що за наявності в середовищі одночасно йонів нітрату і біхромату, йони біхромату в більшій мірі відновлюються в цитоплазмі клітин бактерій, інгібуючи їх метаболізм, ніж за наявності в середовищі лише йонів біхромату як єдиного акцептора електронів, де вони відновлюються переважно поза клітиною, про що свідчить кращий ріст бактерій усіх штамів у середовищі з $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, порівняно з середовищем, яке містило йони нітрату та біхромату.

Отже, встановлено, що калій біхромат пригнічує ріст (у 1,2–1,3 разу) і відновлення йонів нітрату (у 2,7–3,0 разу) бактеріями роду *Desulfovibrio* за одночасного внесення в середовище культивування 1,74 мМ NO_3^- та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, порівняно з ростом і рівнем відновлення йонів нітрату в середовищі лише з NO_3^- як єдиним акцептором електронів. За умов культивування бактерій у присутності еквімолярної кількості нітрат- і біхромат-йонів останні використовуються бактеріями майже в півтора разу швидше.

Штам *Desulfovibrio* sp. Yav-8, який виявився здатним утворювати найбільші кількості H_2S та NH_4^+ , порівняно зі штамми *D. desulfuricans* IMB K-6 та *Desulfovibrio* sp. Yav-6 у процесі сульфат- і нітратредукції відповідно, був найбільш стійким до негативного впливу йонів біхромату. За умов культивування бактерій у присутності еквімолярної кількості SO_4^{2-} або NO_3^- та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ першими використовувалися йони біхромату, вміст йонів хрому (III) впродовж усього часу культивування бактерій перевищував вміст H_2S чи NH_4^+ . Подібно до бактерій роду *Desulfovibrio*, за наявності у середовищі культивування 0,5 мМ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ відновлення 5 мМ йонів сульфату або нітрату хроматорезистентними сульфатвідновлювальними бактеріями *Desulfomicrobium* sp. CrR3 теж пригнічується (Sholiak et al., 2013). Калій біхромат здійснював більш негативний вплив на дисиміляційне відновлення йонів сульфату, ніж на відновлення (або амоніфікацію) йонів нітрату *Desulfovibrio* sp., оскільки рівень відновлення йонів нітрату клітинами в середовищі з йонами нітрату та біхромату перевищував рівень використання ними йонів сульфату в середовищі з йонами сульфату та біхромату в півтора разу, можливо, у зв'язку зі значно вищим окисно-відновним потенціалом NO_3^- як акцептора електронів анаеробного дихання, ніж SO_4^{2-} .

Виділені нами з водойми кар'єру Яворівського сіркового родовища сульфатвідновлювальні бактерії роду *Desulfovibrio* перспективні для використання в технологіях комплексного очищення довкілля від йонів біхромату, сульфату і нітрату. Досліджувані мікроорганізми спочатку використовують йони біхромату, а за їх вичерпання – йони нітрату і сульфату в процесах анаеробного дихання, тим самим очищуючи середовище від цих забруднювачів як за наявності кожного з них окремо, так і за присутності кількох одночасно. Здатність бактерій до детоксикації поллютантів різної природи може бути використана в процесах очищення стічних вод, забруднених йонами біхромату, від агресивних для довкілля сполук сульфурі та нітрогену.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що калій біхромат пригнічує ріст і відновлення йонів сульфату або нітрату бактеріями *Desulfovibrio* sp. за одночасної наявності в середовищі 1,74 мМ SO_4^{2-} або NO_3^- та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$.
2. Інгібуюча дія калій біхромату виявилася більшою на сульфат-, ніж на нітратредукцію.
3. За умов одночасного внесення SO_4^{2-} або NO_3^- та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ у середовище культивування бактерій першими використовувалися йони біхромату.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- | | |
|---|---|
| Belchik, S. M., Kennedy, D. W., Dohnalkova, A. C., Wang, Y. M., Sevinc, P. C., Wu, H., Lin, Y. H., Lu, H. P., Fredrickson, J. K., Shi, L., 2011. Extracellular reduction of | hexavalent chromium by cytochromes MtrC and OmcA of <i>Shewanella oneidensis</i> MR-1. Appl. Environ. Microbiol. 77, 4035–4041. |
|---|---|

- Bokranz, M. J., Katz, J., Schröder, I., Robertson, A. M., Kröger, A., 1983. Energy metabolism and biosynthesis of *Vibrio succinogenes* growing with nitrate or nitrite as terminal electron acceptor. Arch. Microbiol. 135, 36–41.
- Caballero-Flores, G. G., Costa-Navarrete, Y. M., Ramirez-Diaz, M. I., Silva-Sanchez, J., Cervantes, C., 2012. Chromate-resistance genes in plasmids from antibiotic-resistant nosocomial enterobacterial isolates. FEMS Microbiol. Lett. 327, 148–154.
- Fitzgerald, L. A., Petersen, E. R., Leary, D. H., Nadeaud, L. J., Sotoe, C. M., Rayf, R. I., Littlef, B. J., Ringeisen, B. R., Johnson, G. R., Vorae, G. J., Biffinger, J. C., 2013. *Shewanella frigidimarina* microbial fuel cells and the influence of divalent cations on current output. Biosens. & Bioel. 40 (1), 102–109.
- Frank Yu. A., Lushnikov S. V., 2006. Biotehnologicheskij potencial sul'fatreducirujushchih bakterij [Biotechnological potential of sulfate reducing bacteria]. Ekol. i promyshl. 1, 10–13 (in Russian).
- Gibb, H. J., Lees, P. S. J., Pinsky, P. F., Rooney, B. C., 2000. Lung cancer among workers in chromium chemical production. Am. J. Ind. Med. 38, 115–126.
- Gudz, S. P., Hnatysh, S. O., Yavorska, G. V., Bilinska, I. S., Borsukevych, B. M., 2014. Praktikum z mikrobiologii: pidruchnyk [Workshop on microbiology: textbook]. Lviv. Nac. Univ. imeni Ivana Franka. Ser. Biol. Stud., Lviv (in Ukrainian).
- Gudz, S. P., Peretyatko, T. B., Moroz, O. M., Hnatysh, S. O., Klym, I. R., 2011. Rehulyuvannya rivnya sul'fativ, sirkovodnyu ta vazhkykh metaliv u tekhnohennykh vodoymakh sulfatvidnovljuval'nymy bakterijamy [Regulation of sulfates, hydrogen sulfide and hard metals level in technogenic reservoirs by sulfate reducing bacteria]. Mikrobiol. zhurn. 73 (2), 33–38 (in Ukrainian).
- Henne, K. L., Turse, J. E., Nicora, C. D., Lipton, M. S., Tollaksen, S. L., Lindberg, C., Babnigg, G., Giometti, C. S., Nakatsu, C. H., Thompson, D. K., Konopka, A. E., 2009. Global proteomic analysis of the chromate response in *Arthrobacter* sp. strain FB24. J. Prot. Res. 8, 1704–1716.
- Kozlova, I. P., Radchenko, O. S., Stepura, L. G., Kondratiuk, T. O., Pilyashenko-Novochatnyi, A. I., 2008. Geohimichna dijal'nist' mikroorganizmiv ta ii prikladni aspekti: Navechal'nij posibnik [Geochemical activity of microorganisms and its practical aspects: textbook]. Naukova dumka, Kyjiv (in Ukrainian).
- Lakyn, G. F., 1990. Biometrija [Biometrics]. Vyshha shkola, Moscow (in Russian).
- Lengeler, J., Drevs, G., Schlegel, G., 2005. Sovremennaja mikrobiologiya: Prokaryoty [Modern Microbiology: Prokaryotes]. Mir, Moscow (in Russian).
- Lovley, D., 2006. Dissimilatory Fe (III)- and Mn (IV)-reducing prokaryotes. The Prokaryotes. Springer-Verlag, LLC, New York.
- Monsieurs, P., Moors, H., Van Houdt, R., Janssen, P. J., Janssen, A., Coninx, I., Mergeay, M., Leys, N., 2011. Heavy metal resistance in *Cupriavidus metallidurans* CH34 is governed by an intricate transcriptional network. Biometals. 24, 1133–1151.
- Morais, P. V., Branco, R., Francisco, R., 2011. Chromium resistance strategies and toxicity: what makes *Ochrobactrum tritici* 5bv11 a strain highly resistant. Biometals. 24, 401–410.
- Morozkina, E. V., Zvyagil'skaya, R. A. 2007. Nitrate reductases: structure, functions, and effect of stress factors. Biochemistry (Moscow). 72 (10), 1151–1161.
- Moroz, O. M., 2013. Vplyv solej metaliv na vidnovlennja nitrativ sul'fatvidnovljuval'nimi bakterijami [Metal salts influence on nitrates reduction by sulfate reducing bacteria]. Studia biologica. 7 (2), 47–56 (in Ukrainian).
- Moroz, O. M., 2010. Zakonomirnosti utvorennja sirkovodnju sul'fatvidnovljuval'nimi bakterijami vodojmi kar'eru Javorivs'kogo sirkovogo rodovishha [Regularities of hydrogen sulfide production by sulfate reducing bacteria from water of Yavoriv sulfur deposit open pit]. Nauk. Visn. Uzhgorod. Univ. Ser. Biol. 27, 56–63 (in Ukrainian).
- Moroz, O., Hnatysh, S., Bohoslavets, Ch., Yavorska, G., Borsukevych, B., 2016. Vidnovlennja sul'fat-, nitrat- i nitrit-joniv bakterijami rodu *Desulfovibrio* za vplyvu spoluk ferumu (III), hromu (VI) ta manganu (IV) [Sulfate, nitrate and nitrite ions reduction by bacteria of *Desulfovibrio* genus upon the influence of ferrum (III), chrome (VI) and manganese (IV) compounds]. Visn. Lviv. Univ. Ser. Biol. 71, 190–205 (in Ukrainian).
- Peretyatko, T. B., Gudz, S. P., 2011. Zdatnist' sul'fatvidnovljuval'ni bakterij *Desulfovibrio desulfuricans* Ya-11 i *Desulfobacter* sp. vikoristovuvati nitrat jak akceptor elektroniv [The ability of sulfate

- reducing bacteria *Desulfovibrio desulfuricans* Ya-11 and *Desulfobacter* sp. to use nitrate as electron acceptor]. *Studia biologica*. 5 (2), 51–60 (in Ukrainian).
- Peretyatko, T. B., Halushka, A. A., Gudz, S. P., Hnatysh, S. O., 2009. Svidotstvo pro deponuvannya shtamu bakteriy Ya-11 (*Desulfovibrio desulfuricans* Ya-11 i *Pseudomonas* sp.) u Depozytariyi Instytutu mikrobiolohiyi i virusolohiyi im. D. K. Zabolotnoho NAN Ukrayiny z nadannyam reyestratsiynoho nomeru IMV K-6 [Certificate of deposition of bacteria Ya-11 (*Desulfovibrio desulfuricans* Ya-11 and *Pseudomonas* sp.) in the Depository of D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NAS of Ukraine with appropriation of registration number IMV K-6] (in Ukrainian).
- Ramirez-Diaz, M. I., Diaz-Perez, C., Vargas, E., Riveros-Rosas, H., Campos-Garcia, J., Cervantes, C., 2008. Mechanisms of bacterial resistance to chromium compounds. *Biometals*. 21, 321–332.
- Richter, K., Schicklberger, M. and Gescher, J., 2012. Dissimilatory reduction of extracellular electron acceptors in anaerobic respiration. *Appl. Environ. Microbiol.* 78 (4), 913–921.
- Sholiak, K. V., Peretyatko, T. B., Verkholyak, N. S., Gudz, S. P., 2013. Viktoristannya sul'fatu i nitratu sul'fatvidnovljuval'nimi bakterijami *Desulfomicrobium* sp. CrR3 za najavnosti bihromatu v seredovishhi [Utilization of sulfate and nitrate by sulfate reducing bacteria *Desulfomicrobium* sp. CrR3 in the presence of bichromate in the medium]. *Studia biologica*. 7 (3), 153–160 (in Ukrainian).
- Tebo, B. M., Obratsova, A. Y., 1998. Sulfate-reducing bacterium grows with Cr (VI), U (VI), Mn (IV), and Fe (III) as electron acceptors. *FEMS Microbiol. Lett.* 162, 193–198.
- Viti, C., Marchi, E., Decorosi, F., Giovannetti, L., 2014. Molecular mechanisms of Cr (VI) resistance in bacteria and fungi. *FEMS Microbiol. Rev.* 38 (4), 633–659.
- Vainshtein, M., Kusch, P., Mattusch, J. Vatsourina, A., Wiessner, A., 2003. Model experiments on the microbial removal of chromium from contaminated groundwater. *Water Res.* 37, 1401–1405.

Стаття надійшла в редакцію 20.02.2017

ECOLOGICAL SOIL SCIENCE



V. A. Gorban 

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.

UDK 631.434

*Oles Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin av., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS AS A COMPONENT OF THE CHARACTERISTICS OF FOREST-GROWING CONDITIONS IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

Abstract. Steppe zone of Ukraine is characterized by a significant predominance of artificial forest plantations over natural forests, which is associated with the peculiarities of the steppe environment. Since forests in the steppe play a number of important ecological functions, in particular, protect the soil from erosion, it becomes necessary to conserve and create new forest plantations. To solve this problem successfully, a practical and theoretical scientific justification is needed, which was developed by A. L. Belgard, creating a typology of artificial steppe zone forests. One of the main components of the developed typology is the type of forest-growing conditions, characterized by presence of a floodplain, fertility and humidification against a specific geographical area.

A. L. Belgard (1971) noted that there is a significant difference between the floodplain and non-floodplain habitats. Floodplain habitats, even in the case of short floods, differ from the outland by the presence of alluvial deposits, relatively shallow groundwater occurrence, abrupt changes in seasonal moistening, and significant development of salinization processes. Also, scientists emphasize the need to distinguish soil formations depending on their mechanical or granulometric composition, which predetermines the specific physical properties of soils and the chemical processes that occur in them. A. L. Belgard (1971) divided all the soils of the steppe zone according to the granulometric composition into three groups: sandy, sandy loamy and loamy. This division is based on the binary classification of soils according to the granulometric composition developed by N. A. Kachinskiy (1958), which provides for the separation of classes according to the content of physical clay and physical sand. In the future, it may be necessary to more detailed this graduation, given the fact that the world is widely used three-member classification, developed in the USA. In this classification, soil groups are distinguished by the ratio of sand, dust and clay (Medvedev, Laktionova, 2011).

Considering the fertility of soils as a gradation of forest-steppe conditions of the steppe zone, A. L. Belgard (1971) primarily pays attention to the presence or absence of salinization processes. At the same time, the scientist notes that the granulometric composition of the soil of one or another type of forest growing conditions, taking into account salinity, gives an idea primarily of the chemical fertility of the habitat. At the same time, it must be taken into account that the complex of physical properties of soils is also important, and in some cases crucial for the normal existence and reproduction of forest biogeocenosis in steppe conditions.

Humidification in the steppe zone of Ukraine is an important limiting factor that determines the possibility of growing forest stands. As it was emphasized by A. L. Belgard (1971), even minor changes in hydration lead to significant changes in the forest-growing effect. The scientist noted that within the steppe zone growths can be represented by the following gradations: very dry, dry, dryish, fresh, damp, moist and

 Tel.: +38050-362-45-90. E-mail: vad01@ua.fm

DOI: 10.15421/031709

wet. L. P. Traveleyev (1976) detailed the moisture gradation and proposed quantitative indicators – local moisture coefficients. The scientist noted that in its origin and the formation of moistening of soils, it could be atmospheric, soil, atmospheric-soil and transit, each of which has its own characteristics.

As it is known, soils are formed as a result of interaction of five factors of soil formation-climate, plant and animal organisms, rocks, relief and time (Dokuchaev, 1952). It is the result of the interaction of all factors of soil formation and their changes in time that are the patterns of spatial distribution of soils (Dobrovolsky, Urusevskaya, 2004). Moreover, each soil zone or subzone is characterized by a specific set of soil formation factors, due to which the soils of a certain territory acquire their own special properties. Very often, when determining the complex of soil properties with a certain probability, one can say in which soil zone or subzone they were formed. Physical properties are no exception to this statement.

The most informative physical properties of soils from the point of view of the characteristics of the forest-growing conditions in the steppe zone of Ukraine are the granulometric composition, structural state, the density of addition, the density of the solid phase, wilting moisture, water capacity, water permeability, and electrical conductivity.

Key words: *typology, granulometric composition, structure, electrical conductivity, floodplain, fertility, humidification, geographical area.*

УДК 631.434

В. А. Горбань

канд. біол. наук, доц.

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm*

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ ЯК СКЛАДОВА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛІСОРОСЛИННИХ УМОВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Анотація. Степова зона України характеризується значним переважанням штучних лісових насаджень над природними лісами, що пов'язано з особливостями степового середовища. Оскільки ліси в степу відіграють ряд важливих екологічних функцій, зокрема захищають ґрунти від ерозії, виникає необхідність у збереженні існуючих та створенні нових лісових насаджень. Для вдалого вирішення цього питання необхідне практичне та теоретичне наукове обґрунтування, яке розробив О. Л. Бельгард, створивши типологію штучних лісів степової зони. Однією з основних складових розробленої типології є тип лісорослинних умов, який характеризується за плавністю, родючістю та зволоженням на фоні конкретної географічної зони.

На основі фактичного та літературного матеріалу доведено, що фізичні властивості ґрунтів є важливою складовою характеристики лісорослинних умов степової зони України. Найбільш важливою фізичною характеристикою лісорослинних умов є гранулометричний склад ґрунтів. Інтенсивність процесів заплявності певного місцезростання найбільш об'єктивно можна оцінити за такими фізичними властивостями ґрунтів, як щільність та пористість. Родючість ґрунтів з достатньо високим ступенем вірогідності можна встановити за допомогою оцінки їх структури та електропровідності. Зволоження ґрунтів та особливості їх водного режиму визначаються переважно величинами вологості в'янення, вологості та водопроникності. Особливості фізико-географічної зони, які відображаються в конкретних лісорослинних умовах, найбільш вірогідно можна охарактеризувати за допомогою електропровідності та щільності твердої фази ґрунтів.

Ключові слова: *типологія, гранулометричний склад, структура, електропровідність, заплявність, родючість, зволоження, географічна зона.*

УДК 631.434

В. А. Горбань

канд. биол. наук, доц.

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm*

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

Аннотация. Степная зона Украины характеризуется значительным преобладанием искусственных лесных насаждений над природными лесами, что связано с особенностями

степной среды. Поскольку леса в степи играют ряд важных экологических функций, в частности защищают почвы от эрозии, возникает необходимость в сохранении и создании новых лесных насаждений. Для успешного решения этого вопроса необходимо практическое и теоретическое научное обоснование, которое разработал А. Л. Бельгард, создав типологию искусственных лесов степной зоны. Одной из основных составляющих разработанной типологии является тип лесорастительных условий, характеризующийся поемностью, плодородием и увлажнением на фоне конкретной географической зоны.

На основе фактического и литературного материала доказано, что физические свойства почв являются важной составляющей характеристики лесорастительных условий степной зоны Украины. Наиболее важной физической характеристикой лесорастительных условий является гранулометрический состав почв. Интенсивность процессов поемности определенного местопроизрастания наиболее объективно можно оценить по таким физическим свойствам почв, как плотность и пористость. Плодородие почв с достаточно высокой степенью вероятности можно установить с помощью оценки их структуры и электропроводности. Увлажнение почв и особенности их водного режима определяются преимущественно величинами влажности увядания, влагоемкости и водопроницаемости. Особенности физико-географической зоны, которые отображаются в конкретных лесорастительных условиях, наиболее вероятно можно охарактеризовать с помощью электропроводности и плотности твердой фазы почвы.

Ключевые слова: типология, гранулометрический состав, структура, электропроводность, поемность, плодородие, увлажнение, географическая зона.

ВСТУП

Як відомо, серед лісів, що знаходяться в межах степової зони України, значна їх кількість припадає на штучні лісові насадження. Для створення стійких штучних лісів в умовах екологічної та географічної невідповідності (Belgard, 1971) необхідна відповідна типологічна основа, що відображає комплекс особливостей степового середовища, яке виступає місцем зростання рослинного світу. Найбільш вдалу та досконалу типологію штучних лісів для степових умов розробив О. Л. Бельгард (Belgard, 1960). Запропонована вченим типологія базується на трьох одиницях різного таксономічного рангу – типі лісорослинних умов, типі екологічної структури та типі деревостану.

Основною одиницею типології штучних лісів О. Л. Бельгарда є тип лісорослинних умов, який відображає певне місцезростання до посадки лісу та характеризується заплавністю, родючістю або мінералізованістю ґрунтового розчину та зволоженням на фоні конкретної географічної зони (Belgard, 1971).

Метою нашої роботи є встановлення особливостей фізичних властивостей ґрунтів як складової характеристики лісорослинних умов степової зони України.

Взаємозв'язок між заплавністю та фізичними властивостями ґрунтів

О. Л. Бельгард (Belgard, 1971) зазначає, що між заплавленими та позазаплавленими місцезростаннями існує значна різниця. Заплавні місцезростання навіть у випадку нетривалої повені відрізняються від позазаплавлених наявністю алювіальних відкладів, відносно неглибоким заляганням ґрунтових вод, різкими змінами зволоження за сезонами та значним розвитком процесів засолення (Belgard, 1971). Також вченим підкреслюється необхідність розрізняти ґрунтові утворення залежно від їх механічного або гранулометричного складу, який зумовлює особливості фізичних властивостей ґрунтів та хімічні процеси, що в них відбуваються. О. Л. Бельгард (Belgard, 1971) усі ґрунти степової зони за гранулометричним складом поділяє на три групи: піщані, супіщані та суглинкові. В основу такого поділу покладено двочленну класифікацію ґрунтів за гранулометричним складом, розроблену Н. А. Качинським (Kachinskiy, 1958), яка передбачає виділення класів за вмістом фізичної глини та фізичного піску. У подальшому, можливо, буде необхідно більш деталізувати цю градацію, враховуючи той факт, що в світі широко використовується тричленна

класифікація, яка розроблена в США. У цій класифікації групи ґрунтів виділяють за співвідношенням піску, пилу та глини (Medvedev, Laktionova, 2011).

Дослідження фізичних властивостей ґрунтів центральної заплави р. Самари виявили значні відмінності між генетичними горизонтами (Gorban, 2007). Це можна пояснити сильно вираженою строкатістю будови ґрунтового профілю, що складається з шарів алювіальних наносів, для яких характерна висока неоднорідність, зокрема за гранулометричним складом. При цьому генетичні горизонти, які сформовані переважно з алювіальних відкладів супіщаного та суглинкового гранулометричного складу при їх достатній насиченості гумусу, характеризуються більш сприятливими фізичними властивостями порівняно з генетичними горизонтами, до складу якого входить алювіальний матеріал більш важкого гранулометричного складу. Це підтверджується твердженням Н. А. Качинського (Kachinskiy, 1958), який найкращими в агрономічному відношенні вважав ґрунти середнього та легкосуглинкового гранулометричного складу. В. В. Медведєв та Т. М. Лактіонова (Medvedev, Laktionova, 2011) підтверджують, що в таких ґрунтах найкраще виражена структура та її агрономічні властивості (водостійкість, пористість, механічна міцність).

Також нами встановлено, що фізичні властивості заплавної ґрунтів характеризуються максимальною мінливістю порівняно з фізичними властивостями інших лісових ґрунтів Присамар'я (Gorban, 2007). Відносна гетерогенність верхніх генетичних горизонтів заплавної ґрунтів за фізичними властивостями свідчить про тривалу відсутність повеней.

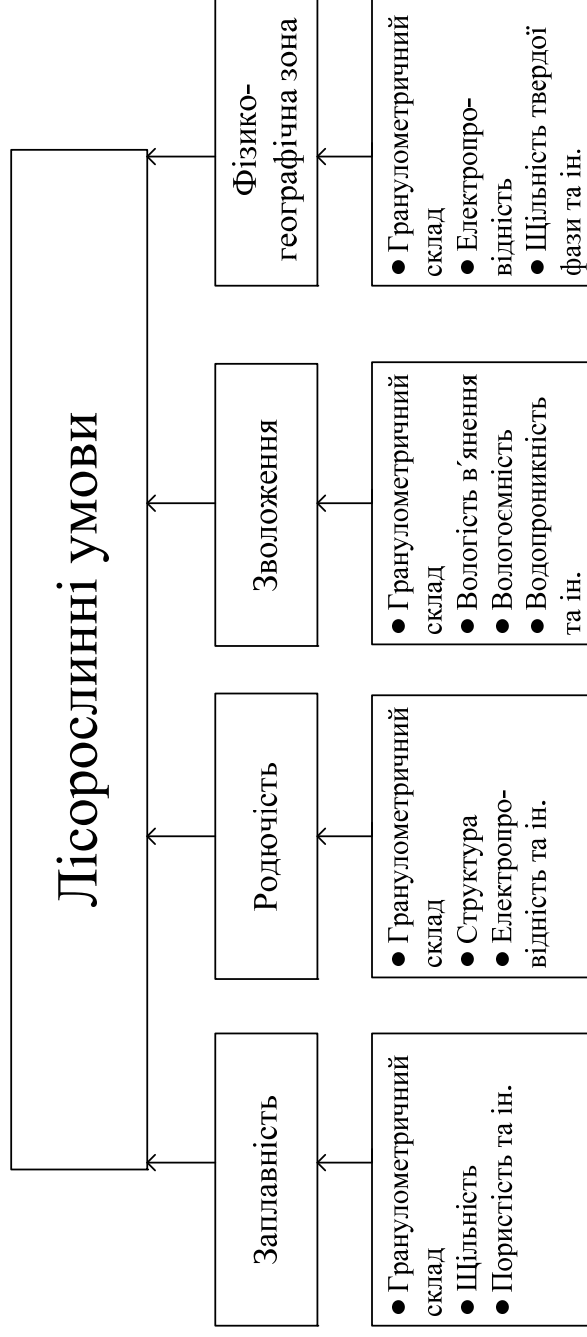
Отже, за фізичними властивостями ґрунтів, зокрема за їх гранулометричним складом, щільністю та пористістю, можна посередньо оцінити масштаби впливу повеней на лісовий біогеоценоз в конкретних лісорослинних умовах (рисунк).

Взаємозв'язок між родючістю та фізичними властивостями ґрунтів

Розглядаючи родючість ґрунтів як градацію лісорослинних умов степової зони, О. Л. Бельґард (Belgard, 1971) перш за все приділяє увагу наявності або відсутності процесів засолення. При цьому вчений зазначає, що гранулометричний склад ґрунту того або іншого типу лісорослинних умов з урахуванням засолення дає уявлення, насамперед, про хімічну родючість місцезростання. Разом з тим необхідно враховувати, що комплекс фізичних властивостей ґрунтів також має важливе, а в деяких випадках вирішальне значення для нормального існування та відтворення лісового біогеоценозу в степових умовах.

Увагу на зв'язок між можливістю розселення рослинності та фізичними властивостями ґрунтів звернув ще у 1890 р. П. А. Костичев, який основною причиною безлісся в степах бачив у фізичних особливостях степових ґрунтів – «в их мелкоземистости и трудной водопроницаемости» (цит. за: Бельґард, 1971, с. 44). Також учений зазначає, що в місцях, де субстратом є крупнозерністі піски, поселяється ліс, а на дрібноземистих ґрунтах – степові угруповання.

І. Є. Олег (Oleg, 1996) зазначає, що фізичні показники лісового едафотопу відіграють провідну екологічну роль у житті ґрунтової флори та фауни, у першу чергу в розвитку кореневих систем деревних та чагарникових рослин лісового біогеоценозу, покращуючи або погіршуючи умови його існування. Особливе значення набувають такі властивості ґрунту, як його елементарні ґрунтові частки, гранулометричний та агрегатний склад, щільність та щільність твердої фази, пористість, пластичність, липкість та ін. Поєднання та взаємовідношення цих структурно-функціональних елементів біогеоценозів зумовлює екологічний потенціал ґрунту, його екологічну «ємність», здатність забезпечувати високий лісорослинний ефект. Вчений зазначає, що фізичні властивості визначають особливості водно-повітряного режиму ґрунту, від якого залежить уся сукупність процесів, що в ньому відбувається. І навіть поживний режим ґрунту, який залежить від його складу, у значній мірі є функцією фізичних властивостей ґрунтів (Oleg, 1996).



Значення окремих фізичних властивостей ґрунтів у характеристиці лісорослинних умов степової зони України

Фізичні властивості значною мірою впливають на прояв ґрунтами лісових біогеоценозів лісорослинних та лісовідновних властивостей (Karpachevskiy et al., 1996; Oleg, 1996). Лісорослинні властивості забезпечують ріст лісу, лісовідновні – його відновлення. У степових умовах ці властивості дуже часто різняться навіть при наявності значної подібності лісорослинних умов.

Ще однією важливою характеристикою фізичного стану ґрунтів є їх структура, яка тісно пов'язана з проявом ґрунтами їх родючості. Багатьма дослідженнями (Milanovskii, Shein, 2002; Shein, Milanovskii, 2003, 2014; Medvedev, 2008; Degtyarev, 2011 та ін.) доведено вирішальну роль органічної речовини у формуванні водотривкої структури ґрунтів, яка виступає важливим екологічним чинником (Medvedev, 2009) та забезпечує виконання ґрунтами біогеоценологічних функцій (Dobrovolsky, Nikitin, 2012; Gorban, 2016). Тому оптимальні фізичні властивості ґрунтів з переважанням водотривкої структури є свідченням про значний вміст у них органічної речовини, яка є однією з найважливіших складових ґрунтової родючості.

В останній час загальний вміст водорозчинних солей у ґрунтах оцінюють за допомогою визначення їх електрофізичних властивостей, зокрема електропровідності, шляхом застосування компактних цифрових приладів (Dehtiarov, 2015). Отже, родючість або мінералізованість ґрунтового розчину цілком задовільно можна встановлювати шляхом дослідження фізичних властивостей ґрунтів.

Таким чином, встановлення особливостей фізичних властивостей ґрунтів конкретних місцевостань, зокрема їх гранулометричного та структурно-агрегатного складу, електропровідності, надає змогу у певному наближенні скласти уявлення про родючість цих ґрунтів, що є важливою характеристикою лісорослинних умов у степових умовах.

Взаємозв'язок між зволоженням та фізичними властивостями ґрунтів

Зволоження в умовах степової зони України є важливим лімітуючим чинником, який визначає можливість росту лісонасаджень. Як підкреслює О. Л. Бельгард (Belgard, 1971), навіть незначні зміни у зволоженні призводять до суттєвих змін лісорослинного ефекту. Вчений зазначає, що в межах степової зони місцевростання можуть бути представлені такими градаціями: дуже сухе, сухе, сухувате, свіже, вологе, сире та мокре. Л. П. Травлеєв (Travleyev, 1976) деталізував градації зволоження та запропонував кількісні показники – локальні коефіцієнти зволоження. Вчений зазначає, що за своїм походженням та формуванням зволоження ґрунтів може бути атмосферним, ґрунтовим, атмосферно-ґрунтовим та транзитним, кожне з яких має свої особливості:

1) атмосферне зволоження характеризується накопиченням вологи в ґрунті лише за рахунок атмосферних опадів при відносній відсутності поверхневого та ґрунтового стоків та глибокому заляганні ґрунтових вод;

2) ґрунтове зволоження характеризується накопиченням вологи в ґрунтах лише за рахунок впливу ґрунтових вод;

3) атмосферно-ґрунтове (або комбіноване) зволоження характеризується накопиченням вологи в ґрунтах за рахунок атмосферних опадів та ґрунтових вод, що знаходяться на незначній глибині;

4) транзитне зволоження характеризується збільшенням або зменшенням ґрунтової вологи за рахунок поверхневого або ґрунтового стоків і залежить від інтенсивності атмосферних опадів та їх тривалості; крутизни схилу, його довжини та експозиції; механічного або гранулометричного складу ґрунтів; інтенсивності та складу рослинного покриву; глибини залягання ґрунтових вод (Travleyev, 1976).

Отже, у формуванні гігротопів велику роль відіграють фактори, зумовлені гравітаційними причинами, тобто силою тяжіння, з одного боку, та водоутримувальною здатністю ґрунтів, пов'язаних з дією капілярних та сорбційних сил, – з іншого (Belova, Travleyev, 1999).

З наведених матеріалів видно, що фізичні властивості ґрунтів, особливо гранулометричний склад, вологість в'янення, вологоємність, водопроникність, безпосередньо визначають величину вмісту вологи у ґрунтах, що є важливою ознакою лісорослинних умов у засушливих умовах степової зони.

Взаємозв'язок між географічною зоною та фізичними властивостями ґрунтів

Як відомо, ґрунти формуються в результаті взаємодії п'ятих факторів ґрунтоутворення – клімату, рослинних та тваринних організмів, гірських порід, рельєфу та часу (Dokuchaev, 1952). Саме результатом взаємодії всіх факторів ґрунтоутворення та їх змін у часі є закономірності просторового розподілу ґрунтів (Dobrovolsky, Urusevskaya, 2004). При цьому кожна ґрунтова зона або підзона характеризується специфічною сукупністю факторів ґрунтоутворення, завдяки якій ґрунти певної території набувають свої особливі властивості. Дуже часто при визначенні комплексу властивостей ґрунтів з певною вірогідністю можна сказати, у якій ґрунтовій зоні або підзоні вони були сформовані. Фізичні властивості не є виключенням із цього твердження.

В основі зональних особливостей фізичних властивостей ґрунтів лежить зональна диференціація їх гранулометричного складу, яка детально досліджена В. В. Медведєвим та Т. М. Лактіоновою (Medvedev, Laktionova, 2011). Зокрема, для степової зони вченими встановлено, що вміст піску в лівобережній частині зони майже в два рази вище порівняно з іншими провінціями, що може свідчити про різний склад (походження, історії розвитку) підстиляючих порід на Лівобережжі та Правобережжі України. Вміст пилу майже не змінюється на значному просторі Правобережного Степу та знаходиться в діапазоні 51–59 %. Аналогічний показник на Лівобережжі значно нижче – 42–46 %. У всіх провінціях не виявлено суттєвої диференціації вмісту пилу в ґрунтових горизонтах за відношенням до породи. Це свідчить, що сутність процесів перетворення ґрунтової маси при ґрунтоутворенні принципово подібне в усіх провінціях Степу. На вмісті мулу фаціальні особливості проявляються слабо, за виключенням провінції, де вміст мулу в породі дещо вище – 46 %. Також не відображається вплив фаціальності на вмісті фізичної глини, який коливається в діапазоні 53–59 % (Medvedev, Laktionova, 2011).

Дослідження щільності складення ґрунтів України В. В. Медведєвим та ін. (Medvedev et al., 2004) показали, що між цією характеристикою, гранулометричним складом та вмістом гумусу існує достатньо близька подібність.

Особливості зонального розподілу елементарних ґрунтових часток також відображаються на водному режимі. В. В. Медведєвим та ін. (Medvedev et al., 2011) виявлена більш висока сухість провінцій Степу, для яких характерним є збільшений вміст піску, порівняно з правобережними провінціями. Як зазначають учені, це, можливо, є наслідком не тільки зниження кількості атмосферних опадів, але й менш ефективного їх використання внаслідок збагачення ґрунту піщаною фракцією.

Окрім зазначених фактів, спостерігається зональна диференціація таких фізичних властивостей ґрунтів, як електропровідність та щільність твердої фази. Зональність першого показника пов'язана з особливостями водного режиму, для якого характерні певні провінційні особливості, з якими споріднений вміст у ґрунтах водорозчинних сполук. Особливості просторового розподілу величин щільності твердої фази пов'язані із зональними особливостями мінералогічного складу ґрунтів. Також необхідно зазначити значний зв'язок між зазначеними показниками поверхневих генетичних горизонтів ґрунтів з відповідними показниками підстиляючих порід.

Таким чином, фізичні властивості ґрунтів, зокрема їх гранулометричний склад, щільність складення, електропровідність, щільність твердої фази, у значній мірі пов'язані із зональними особливостями території, на якій вони формувалися. Виходячи з цього, особливості кожної фізико-географічної зони мають значний вплив на характеристику місцевих лісорослинних умов.

ВИСНОВКИ

1. Фізичні властивості ґрунтів є важливою складовою характеристики лісорослинних умов степової зони України.
2. Найбільш важливою фізичною характеристикою лісорослинних умов є гранулометричний склад ґрунтів.
3. Інтенсивність процесів заплавності певного місцезростання найбільш об'єктивно можна оцінити за такими фізичними властивостями ґрунтів, як щільність та пористість.
4. Родючість ґрунтів з достатньо високим ступенем вірогідності можна встановити за допомогою оцінки їх структури та електропровідності.
5. Зволоження ґрунтів та особливості їх водного режиму визначаються переважно величинами вологості в'янення, вологості та водопроникності.
6. Особливості фізико-географічної зони, які відображаються в конкретних лісорослинних умовах, найбільш вірогідно можна охарактеризувати за допомогою електропровідності та щільності твердої фази.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Belgard, A. L., 1960. Vvedenie v tipologiyu iskusstvennykh lesov stepnoj zony [Introduction to the typology of artificial steppe zone forests]. Artificial forests of steppe zone of Ukraine. Kharkov state university, Kharkov (in Russian).
- Belgard, A. L., 1971. Stepnoe lesovedenie [Steppe forestry]. Forestry industry, Moscow (in Russian).
- Belova, N. A., Travleyev, A. P., 1999. Estestvennye lesa i stepnye pochvy (ecologiya, mikromorfologiya, genesis) [Forest and steppe soils (ecology, micromorphology, genesis)]. Dnipropetrovsk (in Russian).
- Degtyarev, V. V., 2011. Humus chernozemiv livoberezhnogo Lisostepu i Stepu Ukrainy [Humus of chernozems of left-bank forest-steppe and steppe of Ukraine]. Majdan, Kharkiv (in Ukrainian).
- Dehtiarov, Yu. V., 2015. Elektrofizychni pokaznyky chernozemiv typovykh pid riznymi fitotsenozami [Electrophysical indicators typical chernozems under different phytocenoses]. Bulletin of Kharkiv National Agrarian University after V. V. Dokuchaev 2, 18–23 (in Ukrainian).
- Dobrovolsky, G. V., Nikitin, E. D., 2012. Ekologiya pochv [Ecology of soils]. Moscow University Press, Moscow (in Russian).
- Dobrovolsky, G. V., Urusevskaya, I. S., 2004. Geografiya pochv [Geography of soils]. Moscow University Press, Moscow (in Russian).
- Dokuchaev, V. V., 1952. Russkij chernozem. Otchet Volnomu ekonomicheskomu obshestvu [Russian chernozem. Report to the Free Economic Society]. Agrarian state publication, Moscow (in Russian).
- Gorban, V. A., 2007. Zviazok vodopronyknosti gruntiv z inshymy ikhnymy fizychnymy vlastyvostiamy u lisovykh ugrupovanniakh Prysamaria [The relation of soils water infiltration with other physical properties of Prissamarja region wood edaphotopes]. Visnyk of L'viv univ. Biology series 43, 161–165 (in Ukrainian).
- Gorban, V. A., 2016. Rol struktury v obespechenii biogeotsenoticheskikh funktsiy pochv [The role of the structure to provide biogeocenotic soil functions]. Ecology and Noospherology 27 (3-4), 89–96 (in Russian).
- Kachinskiy, N. A., 1958. Mekhanicheskij i mikroagregatnyj sostav pochvy, metody ego izucheniia [Mechanical and micro-aggregate composition of soil, methods of its study]. Academy of science USSR, Moscow (in Russian).
- Karpachevskiy, L. O., Rozhkov, V. A., Karpachevskiy, M. L., Shvidenko, A. Z., 1996. Les, pochva i lesnoe pochvovedenie [Forest, soil and forest soil science]. Eurasian Soil Science 5, 586–598 (in Russian).
- Medvedev, V. V., 2008. Struktura pochvy (metody, genesis, klassifikatsiia, evolyutsia, geografiia, monitoring, okhrana) [Soil structure (methods, genesis, classification, evolution, geography, monitoring, protection)]. Kharkov, 13 tipografiia (in Russian).
- Medvedev, V. V., 2009. Struktura gruntu iak ekolohichnyi chynnyk [Soil structure as ecological factor]. Visnyk KhNAU 3, 25–31 (in Ukrainian).
- Medvedev, V. V., Laktionova, T. N., 2011. Granulometricheskij sostav pochv Ukrainy (geneticheskij, ekologicheskij i

- agronomicheskij aspekty) [Texture of Ukrainian Soils (genetic, environmental and agronomical aspects)]. Apostrof, Kharkiv (in Russian).
- Medvedev, V. V., Laktionova, T. N., Dontsova, L. N., 2011. Vodnye svoystva pochv Ukrainy i vlagoobespechennost selskokhozyajstvennykh kultur [Soil water properties of Ukraine and agricultural crops water supply]. Apostrof, Kharkiv (in Russian).
- Medvedev, V. V., Lyndina, T. E., Laktionova, T. N., 2004. Plotnost slodzeniya pochv (geneticheskij, ekologicheskij i agronomicheskij aspekty) [Soils bulk density (genetic, ecological and agronomical aspects)]. 13th Printing House, Kharkiv (in Russian).
- Milanovskii, E. Yu., Shein, E. V., 2002. Funktsionalnaia rol amfifilnykh komponentov gumusovykh veshchestv v protsessakh gumuso-strukturoobrazovaniia i v genezise pochv [Functional role of amphiphilic humus components in humus structure formation and soil genesis]. Eurasian Soil Science 10, 1201–1213 (in Russian).
- Oleg, I. E., 1996. Ekologicheskaja rol fizicheskikh svoystv lesnykh pochv stepnogo Pridneprov'ja [Ecological role of physical properties of forest soils of the steppe Dnieper]. Thesis for the degree of candidate of biological sciences (03.00.16 – Ecology). Dnipropetrovsk (in Russian).
- Shein, E. V., Milanovskii, E. Yu., 2003. Rol i znachenie organicheskogo veshstva v obrazovanii i ustojchivosti pochvennykh agregatov [The role of organic matter in the formation and stability of soil aggregates]. Eurasian Soil Science 1, 53–61 (in Russian).
- Shein, E., Milanovskij, E., 2014. Soil Structure Formation: Role of the Soil Amphiphilic Organic Matter. Biogeosystem Technique 2(2), 182–190.
- Travleyev, L. P., 1976. O lokalnykh koeffitsientakh uvlazhneniia edafotopov v lesnykh biogeotsenozakh stepnoj Ukrainy [On local coefficients of moistening of edaphotopes in forest biogeocenoses of steppe Ukraine]. Questions of steppe forest science and nature conservation 6, 37–43 (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію 04.04.2017

REVIEWS



Y.V. Tsaryk¹✉

Dr. Sci. (Biol.), Professor

V. I. Parpan²

Dr. Sci. (Biol.), Professor

V. V. Nykyforov³

Dr. Sci. (Biol.), Professor

I.Y. Tsaryk⁴

Cand. Sci. (Biol.), Sen. Res

¹*Ivan Franko National University of Lviv,
Universytetska str., 1, Lviv, Ukraine, 79000*

²*Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry,
Hrushevskoho str., 31, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76018*

³*Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,
Pershotravneva Str., 20, Kremenchuk, Poltava region, 39600*

⁴*Institute of Ecology of the Carpathians of NAS Ukraine,
Kozelnytska str., 4, Lviv, Ukraine, 79026*

**Collective monograph dedicated to the results of 65-year long research of natural and artificial biogeocoenoses under the conditions of steppe by collective of the complex expedition of Oles Honchar Dnipropetrovsk National University after the editorship of Travleyev A. P.
«Biogeocoenological research of the forests in steppe zone of Ukraine»: monograph – Dnipro: «Svidler A.L.» Publishing house, 2016. – 203 p.**

Abstract. The monograph consists of 13 original articles, considering history of the complex expedition, fundamental data of soil micromorphology, content of heavy metals in it, physical and chemical properties of the soils under the steppe conditions. It is ascertained the role of light structure in the formation of artificial forest plantations; the results of grass community research are given as well. Floral and coenotic structures of wetland ecosystems of the Samara river basin and the water regime of forest and steppe biogeocoenoses of Prysamarya are described. The role of mammals, amphibians, reptiles and butterflies in the structure of steppe biogeocoenoses of Ukraine is characterized. The bases for biogeocoenological ways of forest restoration of devastated lands as well as information about the diversity of Oribatida mites in West Donbas are presented.

The collective monograph in memoriam for Dr. Sci. (Biol.), Prof., Corresponding member of NAS Ukraine A. P. Travleyev, which has passed away in September 2016, is necessary for the scientific staff, lecturers, postgraduate students, biology students, ecologists, and forest, water and agriculture personnel.

Key words: *biogeocoenoses, steppe zone, soil, restoration, grass and forest vegetation, heterotrophs.*

✉ Tel.: +380-329-42-85. E-mail: itsaryk@yahoo.com

DOI: 10.15421/031710

ISSN 1726-1112. Ecology and noospherology. 2017. Vol. 28, no. 1–2

105

И. В. Царик¹
В. И. Парпан²
В. В. Никифоров³
И. И. Царик⁴

д-р биол. наук, проф.
д-р биол. наук, проф.
д-р биол. наук, проф.
канд. биол. наук, ст. науч. сотр.

¹Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
ул. Университетская, 1, г. Львов, Украина, 79000,
тел.: +380-329-42-85, e-mail: itsaryk@yahoo.com

²Украинский научно-исследовательский институт горного лесоводства
им. П. С. Пастернака, ул. Грушевского, 31, г. Ивано-Франковск, Украина, 76018

³Кременчугский национальный университет им. Михаила Остроградского,
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, Полтавская обл., Украина, 39600

⁴Институт экологии Карпат НАН Украины,
ул. Козельницкая, 4, г. Львов, Украина, 79026

**Коллективная монография, посвященная итогам 65-летних исследований
естественных и искусственных биогеоценозов в условиях степи
коллективом Комплексной экспедиции Днепропетровского
национального университета имени Олеса Гончара,
под редакцией Травлеева А. П. «Биогеоэкологические исследования
лесов степной зоны Украины»: монография. – Днепр:
Изд-во «Свидлер А.Л.», 2016. – 203 с.**

Аннотация. В монографии содержится 13 оригинальных статей, в которых рассматривается история становления Комплексной экспедиции и поданы фундаментальные данные о микроморфологии почв, содержании в них тяжелых металлов, их физико-химических свойствах в условиях степи. Раскрыта роль световой структуры при формировании искусственных лесных насаждений, поданы данные касательно итогов изучения травостоя. Раскрыта флороценотическая структура водно-болотных экосистем бассейна р. Самары и водный режим лесных и степных биогеоценозов Присамарья. Охарактеризована роль млекопитающих, амфибий, рептилий и чешуекрылых в структуре биогеоценозов степной зоны Украины. Обоснованы биогеоэкологические способы лесной рекультивации нарушенных земель, а также приведены данные о разнообразии оribатидных клещей в условиях Западного Донбасса.

Эта коллективная монография, которая является хорошей памятью о члене-корреспонденте Национальной академии наук Украины, докторе биологических наук, профессоре А. П. Травлееве, необходима научным сотрудникам, преподавателям, аспирантам, студентам-биологам, экологам, работникам лесного, водного и сельского хозяйства.

Ключевые слова: биогеоценозы, степная зона, почва, рекультивация, травяная и лесная растительность, гетеротрофы.

Й. В. Царик¹
В. І. Парпан²
В. В. Никифоров³
І. І. Царик⁴

д-р біол. наук, проф.
д-р біол. наук, проф.
д-р біол. наук, проф.
канд. біол. наук, ст. наук. співр.

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Університетська, 1, м. Львів, Україна, 79000,
тел.: +380-329-42-85, e-mail: itsaryk@yahoo.com

²Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва
ім. П.С. Пастернака, вул. Грушевського, 31, м. Івано-Франківськ, Україна, 76018

³Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Полтавська обл., Україна, 39600

⁴Інститут екології Карпат НАН України,
вул. Козельницька, 4, м. Львів, Україна, 79026

**Колективна монографія, присвячена підсумкам 65-річних досліджень
природних і штучних біогеоценозів в умовах степу колективом**

**Комплексної експедиції Дніпропетровського національного університету
імені Олеся Гончара, за редакцією Травлєєва А. П. «Біогеоценологічні
дослідження лісів степової зони України»: монографія. – Дніпро:
Вид-во «Свідлер А.Л.», 2016. – 203 с.**

Анотація. У монографії міститься 13 оригінальних статей, у яких розглядається історія становлення Комплексної експедиції та подано фундаментальні дані щодо мікроморфології ґрунтів, вмісту в них важких металів, їх фізико-хімічних властивостей в умовах степу. Розкрито роль світлової структури у формуванні штучних лісових насаджень, подано дані щодо підсумків вивчення травостою. Розкрито флоро-ценотичну структуру водно-болотних екосистем басейну р. Самари та водний режим лісових і степових біогеоценозів Присамар'я. Охарактеризовано роль ссавців, амфібій, рептилій та лускокрилих у структурі біогеоценозів степової зони України. Обґрунтовано біогеоценологічні способи лісової рекультиваци порушених земель, а також подано дані щодо різноманіття орібатидних кліщів в умовах Західного Донбасу.

Ця колективна монографія, яка є доброю пам'яттю про члена-кореспондента Національної академії наук України, доктора біологічних наук, професора А. П. Травлєєва, необхідна науковим працівникам, викладачам, аспірантам, студентам-біологам, екологам, працівникам лісового, водного та сільського господарства.

Ключові слова: біогеоценози, степова зона, ґрунт, рекультиваци, трав'яна і лісова рослинність, гетеротрофи.

У 2016 році під загальною редакцією члена-кореспондента НАН України, доктора біологічних наук, професора А. П. Травлєєва вийшла у світ колективна монографія, в якій підведено підсумки 65-річних наукових досліджень учасниками Комплексної експедиції Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара природних і штучних біогеоценозів в умовах степу. Ця монографія фактично є данню пам'яті професору А. П. Травлєєву, який відійшов у вічність у 2016 році. А. П. Травлєєв – талановитий дослідник екосистем степу, ґрунтознавець, організатор науки, багаторічний голова спеціалізованої вченої ради зі спеціальності «екологія», вимогливий, але доброзичливий до молодих дослідників наставник.

Монографія розпочинається передмовою, яку написав А. П. Травлєєв. У цій передмові розкрито історія створення Комплексної експедиції під керівництвом професора Олександра Люціановича Бельгарда – учня академіка Г. М. Висоцького. Охарактеризована подальша історія становлення Комплексної експедиції, а також кафедри геоботаніки та систематики вищих рослин, звернута увага на унікальну типологію лісів степової зони України й Молдови О. Л. Бельгарда. На сьогоднішній день тематика досліджень Комплексної експедиції стосується геоботанічного картування лісів степової зони, ґрунтознавства та мікроморфології ґрунтів, лісової гідрології, біоценології, ентомології, ґрунтової зоології наземних хребетних тварин, лісової рекультиваци земель, а також звернуто увагу на актуальність досліджень лісів степової зони України в сучасних умовах трансформації середовища.

Після передмови в монографії міститься 13 оригінальних статей, в яких проаналізовано результати досліджень різних компонентів лісових біогеоценозів степової зони, а також звернуто увагу на способи рекультиваци деградованих ґрунтів. Кожна стаття завершується детальним списком використаної літератури.

Авторами першої статті «Мікроморфологія лісових ґрунтів степової зони України» є Білова Н. А., Яковенко В. М., Стрижак О. В. У цій статті акцентується увага на тому, що мікроморфологія ґрунтів є новим науковим напрямком екологічного ґрунтознавства, який прислужився для пояснення екології, генезису лісових ґрунтів степової зони України. Так, авторами встановлено, що «формування чорноземного типу ґрунтотворення у вододільних лісах степової зони зумовлюється, поряд з флористичним (степовим чи лісовим) складом рослинності, насамперед своєрідністю степового клімату, характером ґрунтотвірних порід, іншими

біотичними та абіотичними факторами навколишнього природного середовища. Лісова рослинність у степовій зоні не є невідворотною причиною деградації ґрунтів, а навпаки, зазвичай всебічно їх покращує, збільшує багатство та родючість» (с. 5). Розглянуто також питання мікоморфологічних та еколого-біологічних особливостей ґрунтоутворення під лісовою рослинністю в техногенних ландшафтах, екологічну роль біогенного мікроструктурування лісових едафотопів південного сходу України та низку інших актуальних питань сучасного генетичного ґрунтознавства.

Другу статтю «Ссавці як об'єкт досліджень у лісах степової зони України» підготували відомі зоологи Булахов В. Л., Пахомов О. Є., Рева О. А. та Шульман М. В. У ній подано історію досліджень ссавців степового Придніпров'я від перших робіт К. Ф. Кеслера (1850) і до теперішніх часів, зокрема проаналізовано їх біогеоценологічний розподіл, біомасу й продуктивність, енергетичний баланс, роль ссавців у консортивних та міжекосистемних зв'язках, їх трофічне та ґрунтовірне значення, а також значення у протидії техногенному забрудненню екосистем.

Про розвиток ґрунтово-зоологічних досліджень у Дніпропетровському національному університеті імені Олеся Гончара пишуть у третій статті Жуков О. В., Кунах О. М. та Коломбар Т. М. Автори статті вказують, що поштовхом до розвитку ґрунтової зоології у ДНУ імені Олеся Гончара став вихід у світ статті М.С. Гілярова (1949) «Особливості ґрунту як середовища існування та його значення в еволюції комах» і описують низку етапів розвитку цього напрямку досліджень в Комплексній експедиції аж до сьогоденних днів. Основна увага дослідників на цей час зосереджена на ролі ґрунтових організмів в організації консорцій, аналізі їх життєвих форм, просторовій структурі популяцій, їхній біоіндикаційній цінності, ролі в збереженні стійкості систем тощо. Безумовно, матеріал у цій статті фаховий і цінний, але погано структурований. Читається стаття важко, однак це не знецінює її пізнавального значення.

Заслуговує на увагу стаття щодо біогеоценологічного обґрунтування лісової рекультивациі порушених земель, яку підготував В. М. Зверковський – відомий дослідник процесів відновлення деградованих господарською діяльністю земель. Фундаментальні дослідження деградації земель були розпочаті в 70-ті рр. минулого століття під керівництвом професора А. П. Травлєєва. За цей час отримано низку оригінальних даних щодо деструктивних змін факторів природного середовища. На землях, порушених вугільною промисловістю, апробовано методики збереження лісових біогеоценозів в умовах шахтних розробок тощо. На особливу увагу заслуговує типологія лісових культурбіогеоценозів для техногенних територій степової зони України, окрім цього у статті детально описано способи лісової рекультивациі техногенно-порушених земель та способи їх використання.

У наступній статті «Населення орибатидних кліщів на ділянках лісової рекультивациі на території Західного Донбасу», авторами якої є Кульбачко Ю. Л., Штірц А. Д., Дідур О. О. та Пахомов О. Є., містяться дані щодо різноманіття населення орибатид у зональних і техногенно-порушених територіях Західного Донбасу. Вказано на високе фауністичне різноманіття орибатид, їхні життєві форми, особливості трофіки та роль у процесах рекультивациі деградованих ґрунтів.

Цікавий і оригінальний матеріал містить стаття відомого ботаніка й еколога Мицика Л. П. «Підсумки дослідження травостою Комплексною експедицією Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара». У цій статті розглянуто історію дослідження трав'яної рослинності, взаємовідносини між нею й лісовою рослинністю, вплив екологічних чинників на цей процес, використання трав'яних рослин як індикаторів лісорослинних умов, дано аналіз флористичної різноманітності та деякі прикладні аспекти, зокрема конструювання газонів.

У статті Цветкової Н. М. проаналізовано вміст важких металів (мікроелементів) у ґрунтах і рослинах біогеоценозів Південного сходу степової зони України. Вказано, що їх дослідження було розпочате колективом дослідників під керівництвом

Травлєєва А. П. у 1961 році. За 52 роки досліджень отримано оригінальні дані щодо вмісту важких металів у ґрунтах біогеоценозів долинно-терасових ландшафтів, привододільно-болотних ландшафтів справжніх степів, байраків, в основних деревних породах та ґрунтах деяких міст тощо. Ці матеріали мають важливе загальноекологічне й практичне значення і виконати їх тепер, за сучасного фінансування науки, просто було б неможливо.

У статті «Флороценотичний аналіз водно-болотних екосистем басейну р. Самари», яку підготував Барановський Б. О., вказано, що флору цього району формують 114 видів, серед яких 21 вид – рідкісні та зникаючі; тут знайдено унікальні для степового Придніпров'я угруповання рдесника плаваючого та плавушника болотного.

У статті «Загальна характеристика біорізноманіття лускокрилих (Lepidoptera) степової зони України», яку підготував Голобородько К. К., вказано, що перші друковані відомості про фауну лускокрилих регіону відомі з початку XVIII століття. У статті також проаналізовано внесок багатьох ентомологів щодо вивчення цієї групи комах на теренах степової зони півдня України. Окрім цього, наведено сучасні дані, зокрема зафіксовано 395 видів совок, що становить 59 % їхнього різноманіття у фауні України. Вказано, що антропогенний вплив призводить до істотної трансформації фауни лускокрилих Дніпропетровської області.

У статті Горбаня В. А. «Фізичні властивості ґрунтів та підстилок лісових біогеоценозів степової зони України» представлено дані щодо фізичних властивостей ґрунтів та лісових підстилок, а також їхньої радіоактивності.

У статті Іванько І. А. розглянуто роль світлової структури у формуванні штучних лісових насаджень у степовій зоні України, а в статті Котович О. В. – водний режим лісових та степових біогеоценозів.

Завершується колективна монографія статтею Булахова В. Л., Гассо В. Я. та Бобильова Ю. П. «Амфібії та рептилії як компонент лісових біогеоценозів степової зони України», в якій подано історію досліджень цих груп тварин, їх екологічні ніші, роль в екосистемах.

Слід указати, що наведений вище перелік статей має високий інформативний характер, кожна стаття потребує детального аналізу і вдумливого читача. Інформація, яка міститься в цих статтях, є надзвичайно цінною й сучасною. Завдяки цій монографії екологи України, і не лише України, мають змогу отримати повне уявлення про історію вивчення та сучасний стан біогеоценозів степової зони України.

Ця монографія є вкрай потрібна екологам, працівникам лісового і сільського господарства, аспірантам та студентам природничих спеціальностей. Це гарна пам'ять про професора Анатолія Павловича Травлєєва.

Стаття надійшла в редакцію: 30.04.2017

TO AUTHORS' ATTENTION !

When preparing the article for sending to the editorial board, stick to the following rules:

1. Send at the address of the editorial board two printed copies of the article, at the e-mail address – electronic version.

The article should be checked carefully, signed by all authors and attended with written reference, signed by Doctor of Sciences of appropriate specialization and expert conclusion about the possibility of open publication of the article.

The size of the article is 10 pages of typescript at the most (one page in the journal format contains about 4500 signs, including the spaces).

The size of the illustrations and tables should be 30 % of the article size at the most.

All text materials should be given in 1,5 intervals. From each edge of the page 2 cm. Shrift – Times New Roman 12 points, indention – 0,8 cm.

When setting the type it is necessary to distinguish between hyphen and dash and to use double angle brackets.

It is obligatory to set a space between initials and a surname. Text materials should be made in the text editor MS Word 2003, 2007, as a document Word (*.doc).

Mathematical formulae and equations should be made in equation editor Microsoft Equation, chemical – in the editor ISIS Draw.

3. Use the units of International Measurement System.

4. The structure of the article:

- UDC index in the upper left corner of the page;
- initials and surnames of all authors (preferably not more than 4 persons), indicating the scientific degree and the academic status of each author;
- the full name and the address of the organization in which the research was conducted (in Ukrainian, Russian and English), e-mail address, telephone number for hot link with the author;
- the title of the article in Ukrainian, Russian and English, which briefly informs about the substance of it and content 13 words at the most;
- the annotation is expanded in English (600–700 words), it should contain the information about the aim, methods, data, scientific novelty, practical importance, key words (6–8 words); the annotation is reduced in Ukrainian and Russian, where the results, main conclusions and key words (6–8 words) are given;
- the body text of the article should content the following parts: Introduction; Data and methods of the research; Results and their discussion; Conclusions; References.

Tables should be numerated according to their mentioning in the text. Give a brief title at the top of each table. Statistical and other detailed information is given as a note below. Table data should be made in the table editor MS Word 2003, 2007.

Number illustrations according to their discussion in the text. Point at the foot of the illustration its title. The illustrations in the article should have the separate electronic copy. Diagrams and graphic charts should be made in Microsoft Excel, Statistica program packages, schemes – in Visio program package. Save them in the format of these programs as separate files (e.g., petrov_ris1).

The best file formats for scanning the images are TIFF, JPEG, EMF. All elements of text in the images (graphic charts, diagrams, schemes) if it is possible should have a font Times New Roman or Times New Roman Cyr (in a particular instance Courier). Keep each image in a separate object. The images after scanning when printing should be clear, as well as original one.

- gratitude as appropriate is given in the end of the article before the list of references;
- list of used literature. References to the literature should be given in the semicircular brackets with the name of quoted author (or the title of the source if there are more than three authors) and the publication date. In the list of references every Ukrainian-language and Russian-language source should be given through the transliteration in English letters indicating the English translation in square brackets, as well as in semicircular brackets – the original source of language;
- who (from editorial board) recommends the article for publication.

5. Separately the electronic data about the authors which content the information about the surname, name and middle name in full, academic degree, academic rank, workplace (full and

6. Working at the revision an author should take into account all the notes, retype and send all the materials to the address of the colleague of editors up to the date, noted by an editor. Articles that come after the revision later than in 3 months will be considered as new ones.

Sent materials are not returned back. The editorial board preserves a right to correct and abridge the text or send the script back for revision in the case of nonobservance of the above rules.

Authors take the responsibility for the content of the materials.

ДО УВАГИ АВТОРІВ !

При оформленні статті до надсилання в редакцію просимо дотримуватися таких правил:

1. Надіслати на адресу редакційної колегії два роздрукованих екземпляри статті, на електронну адресу – електронну версію.

Стаття має бути ретельно перевірена, підписана всіма авторами і супроводжуватися письмовою рекомендацією, підписаною доктором наук відповідного профілю та експертним висновком про можливість відкритої публікації поданої статті.

Обсяг статті – не більше 10 сторінок машинопису (одна сторінка у форматі журналу містить до 4500 знаків, включаючи пропуски).

Обсяг ілюстрацій і таблиць не повинен перевищувати 30 % обсягу статті.

2. Усі текстові матеріали роздрукувати через 1,5 інтервала, залишаючи з кожного краю сторінки відступи 2 см, шрифт – Times New Roman 12 пунктів, абзацний відступ – 0,8 см. При наборі статті необхідно розрізняти дефіс і тире, а також застосовувати поліграфічні «ялинки». Між ініціалами та прізвищем обов'язково залишати пропуск. Текстові матеріали підготувати в редакторі MS Word 2003, 2007 як документ Word (*.doc). Математичні формули і рівняння готуйте в редакторі рівнянь Microsoft Equation, а хімічні – у редакторі ISIS Draw.

3. Використовуйте одиниці Міжнародної системи вимірювань.

4. Структура статті:

- індекс УДК у верхньому лівому куті сторінки;
- ініціали та прізвища усіх авторів (бажано не більше 4 особи), із зазначенням вченого ступеня та звання кожного автора;
- повна назва і адреса організації, у якій виконувалися дослідження, подати українською, російською та англійською мовами, а також указати *e-mail*, телефон для оперативного зв'язку з автором;
- назва статті українською, російською та англійською мовами, яка повинна коротко інформувати про її зміст і містити не більше 13 слів;
- анотація: розширена – англійською мовою (600–700 слів), повинна містити інформацію про мету, методику, результати, наукову новизну, практичну значимість, ключові слова (6–8 слів); скорочені – українською та російською мовами, в яких коротко описують результати, головні висновки проведених досліджень, ключові слова (6–8 слів);
- основний текст статті повинен містити такі розділи: Вступ; Матеріали та методи досліджень; Результати та їх обговорення; Висновки; Список використаної літератури.

Таблиці повинні бути пронумеровані відповідно до змісту статті. Дати назву до кожної таблиці. Статистична та інша деталізація наводяться під таблицею. Табличні матеріали підготувати у табличному редакторі Word 2003, 2007.

Рисунки нумерують у порядку їх обговорення в тексті. Унизу рисунка указати його назву. Рисунки до статті повинні мати окрему копію в електронному вигляді. Діаграми та графіки слід виконувати у пакетах Excel, Statistica, схеми – у пакеті Visio та зберігати у форматах цих програм окремими файлами (наприклад, petrov_ris1). Найкращими для сканованих зображень є формати файлів TIFF, JPEG, EMF. Усі елементи тексту у зображеннях (графіках, діаграмах, схемах), якщо це можливо, повинні мати гарнітуру Times New Roman або Times New Roman Суг (в окремих випадках Courier). Кожне зображення зберігайте в окремому об'єкті. Зображення після сканування при роздрукуванні повинно бути чітким, не гіршим за чіткість основного тексту.

- подяки при необхідності подаються наприкінці статті перед списком використаної літератури;

- список використаної літератури. Посилання на літературні джерела слід подавати в напівкруглих дужках із зазначенням прізвища цитованого автора (або назви джерела, якщо авторів більш ніж три) та року видання. У списку використаних джерел кожне україномовне чи російськомовне джерело слід подавати транслітерацією англійськими літерами із зазначенням у квадратних дужках перекладу англійською мовою, а також у напівкруглих дужках – оригінальну мову джерела;

- ким з членів редакційної колегії рекомендовано статтю до публікації.

5. Окремо подаються відомості про авторів в електронному вигляді, які містять інформацію про прізвище, ім'я та по батькові повністю, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи (повна та скорочена назва організації), посада, місто, країна, контактні телефони та електронна пошта) українською, російською та англійською мовами.

6. При поверненні статті на доопрацювання автор зобов'язаний урахувати всі зауваження редактора і надіслати виправлені та передруковані матеріали на адресу редакційної колегії в указаний термін. Статті, повернуті після доопрацювання пізніше ніж через 3 місяці, розглядаються як нові надходження.

Подані матеріали не повертаються. Редакція зберігає за собою право виправляти та скорочувати текст, а також повертати рукопис на доопрацювання у разі недотримання наведених вище правил.

Відповідальність за зміст поданих матеріалів несуть автори.

Науковий журнал

ЕКОЛОГІЯ ТА НООСФЕРОЛОГІЯ
2017. Т. 28, № 1–2

Українською, російською та англійською мовами

Засновники:

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. О. ГОНЧАРА,
ТОВ «АГЕНТСТВО «ТЕЛЕПРЕСІНФОРМ»

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 21139-10939 ПР від 19.01.15 р.

Літературне редагування та коректура – В. М. Пластун
Художньо-технічне оформлення та комп'ютерна верстка – В. А. Горбань

Підписано до друку 10.06.2017 р. Формат 70×108 1/16. Папір офсетний.
Друк плоский. Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. арк. 28.
Замовлення № . Тираж 200 прим.
