

**МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ
УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ
ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ**

БОРИСОВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ



УДК 502.175:[504.5:621.43.064]:[712.254:625.7/.8]:519.876.5]](043.3)

**НАУКОВІ ЗАСАДИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ
ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МІСЬКИХ ЗОН ВІДПОЧИНКУ,
ПРИЛЕГЛИХ ДО АВТОДОРІГ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2020

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано на кафедрі інженерної екології Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук, професор
Кофанова Олена Вікторівна,
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри геоінженерії

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Фролов Валерій Федорович,
Національний авіаційний університет
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри екології

доктор технічних наук, професор
Погребенник Володимир Дмитрович,
Національний університет "Львівська політехніка"
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри екологічної безпеки та
природоохоронної діяльності

Захист дисертації відбудеться 23 грудня 2020 р. о 14 год. 00 хв. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.880.01 у Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України за адресою: 03035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління за адресою: 03035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2 та на сайті www.dea.edu.ua.

Автореферат розіслано 20 листопада 2020 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.880.01



Т. Г. Іващенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Забруднення міського середовища суттєво впливає на всі процеси, що відбуваються в екосистемах. Техногенне навантаження, в тому числі й з боку автотранспортного комплексу, суттєво погіршує якість атмосферного повітря, поверхневих і ґрунтових вод, ґрунтів тощо; створює небезпеку здоров'ю населення, особливо на рекреаційних територіях. Отже, великого значення набувають моніторинг якості міського середовища і заходи з контролю за забрудненням.

Результати наукових досліджень у сфері оцінювання екологічних ризиків техногенного впливу на міське середовище викладено у роботах таких вітчизняних учених, як Я. О. Адаменко, В. С. Бахарєв, Г. О. Білявський, О. І. Бондар, Ю. Л. Забулонов, С. П. Іванюта, А. Б. Качинський, М. С. Мальований, В. П. Матейчик, О. А. Машков, В. Г. Петрук, Р. В. Петрук, Л. Д. Пляцук, В. Д. Погребенник, В. Ф. Фролов, В. О. Хрутьба, В. М. Шмандій та інших дослідників. Серед зарубіжних учених цій проблемі присвячено праці Р. Eastwood, V. Juric, J. Merkisz, I. A. Resitoglu. Проте, незважаючи на розробки і досягнення провідних учених, оцінювання рівня екологічної безпеки міських територій, особливо рекреаційного призначення, залишається актуальною задачею, розв'язання якої є науковим підґрунтям підвищення екологічної безпеки України.

Саме тому у дисертаційній роботі вирішується актуальне науково-прикладне завдання забезпечення прийнятного рівня екологічної безпеки міських рекреаційних територій і об'єктів, прилеглих до автодоріг; удосконалення системи екологічного моніторингу за допомогою математичного моделювання і комплексного оцінювання рівня змін екологічного стану залежно від типу діяльності та виду відпочинку людей.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження виконувалось відповідно до Стратегії сталого розвитку "Україна-2020", затвердженої Указом Президента України від 12.01.2015 р., Транспортної стратегії України на період до 2020 р., пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки в Україні на період до 2020 р. із розділу "Раціональне природокористування"; у межах виконання наукової тематики кафедри інженерної екології КПІ ім. Ігоря Сікорського за темами "Забезпечення збалансованого природокористування, зниження енергоємності виробництва та підвищення рівня екологічної безпеки підприємств на базі аналізу та синтезу оптимальних геотехнологічних процесів" (номер державної реєстрації 0111U010300); "Оцінка рівня екологічного навантаження на міські території та екосистеми з боку автотранспортного комплексу" (номер державної реєстрації 0119U100997), в яких автор був співвиконавцем.

Ідея роботи полягає у встановленні рівня екологічної безпеки міських рекреаційних територій, прилеглих до автодоріг, застосуванням методів експрес-аналізу, математичного моделювання і комплексного підходу до оцінювання змін у екологічному стані під впливом викидів автотранспортних засобів (АТЗ).

Метою роботи є забезпечення прийняттого рівня екологічної безпеки міських рекреаційних територій, прилеглих до автодоріг, шляхом наукового обґрунтування комплексного підходу до встановлення змін у їх екологічному стані під впливом викидів автотранспортних засобів та за рахунок удосконалення системи екологічного моніторингу.

Для досягнення вказаної мети у роботі було поставлено такі **завдання**:

- проаналізувати джерела техногенного навантаження на прилеглі до автодоріг території, водні об'єкти тощо, встановити небезпеку для здоров'я людей з боку викидів автотранспортних потоків;

- на основі аналізу вітчизняного і світового досвіду щодо оцінювання й забезпечення екологічної безпеки міських територій, у тому числі й рекреаційного призначення, обґрунтувати об'єкти, методи і методологію досліджень;

- дослідити ризики впливу небезпечних інгредієнтів викидів автотранспортних засобів на водні об'єкти і території рекреаційного призначення за допомогою даних моніторингових досліджень, методів експрес-аналізу і математичного моделювання, встановити зміни в екологічному стані досліджуваних зон відпочинку людей;

- обґрунтувати доцільність застосування комплексного показника техногенного навантаження (КПН), що враховує тип діяльності та вид відпочинку людей, як індикатору рівня екологічної небезпеки прилеглих до автодоріг міських рекреаційних територій в системі управління їх екологічною безпекою;

- розробити науково-обґрунтовані рекомендації з удосконалення системи екологічного моніторингу для забезпечення прийняттого рівня екологічної безпеки міських зон відпочинку на основі застосування комплексного показника техногенного навантаження, методик експрес-аналізу та прогнозування з використанням математичних моделей просторового розподілу інгредієнтів викидів АТЗ.

Об'єкт дослідження – процес формування екологічного стану міських зон відпочинку та підвищення їх екологічної безпеки вдосконаленням системи екологічного моніторингу.

Предмет дослідження – вплив інгредієнтів викидів автотранспортних засобів на людину і довкілля, процеси формування екологічного стану прилеглих до автодоріг міських рекреаційних територій і водних об'єктів.

Методи дослідження. Під час виконання дисертаційного дослідження використовувались методи математичного аналізу (для виявлення закономірностей і прогнозування екологічної ситуації на досліджуваних рекреаційних територіях), кореляційно-регресійного аналізу (для опрацювання й аналізу масивів емпіричних і літературних, у тому числі й статистичних, даних), апроксимаційних методів із застосуванням авторських програмних продуктів (для побудови регресійних моделей), денсиметричний, віскозиметричний, сталагмометричний, потенціометричний, кондуктометричний і оптичні методи (для експрес-аналізу екологічного стану компонентів довкілля); комп'ютерне моделювання із застосуванням програмних продуктів MathCad і Gnuplot (для моделювання полів дисперсії інгредієнтів викидів АТЗ, унаочнення результатів, прогнозування змін

екологічних параметрів, створення наукового підґрунтя для вдосконалення системи екологічного моніторингу міських зон відпочинку). Для побудови графіків і діаграм використовували стандартний програмний пакет MS Office Excel; статистичне опрацювання результатів експериментів виконували за допомогою спеціалізованого програмного продукту SPSS Statistics 17.0.

Наукова новизна одержаних результатів. У результаті виконання завдань дисертаційного дослідження отримано нові науково обґрунтовані підходи щодо забезпечення прийняттого рівня екологічної безпеки міських рекреаційних територій і водних об'єктів, розташованих поряд з автодорогами, а саме:

вперше:

– встановлено рівень екологічних змін на територіях міських зон відпочинку людей і прилеглих водних об'єктах з боку викидів автотранспортних потоків як індикатора екологічної небезпеки із застосуванням комплексного показника техногенного навантаження (за градацією від 1 до 4 балів, де 1 бал – екологічно прийнятний рівень забруднення території відпочинку людей, а 4 бали – екологічно неприйнятний);

– встановлено вплив надходження шкідливих речовин від викидів автотранспортних засобів (залежно від типу рухомого складу і кількості АТЗ у потоці) з урахуванням просторових змін параметрів якості окремих компонентів довкілля в межах досліджуваних територій і зон відпочинку людей на основі використання емпіричних даних експрес-аналізу за методами потенціометрії, кондуктометрії, денсиметрії, віскозиметрії, сталагмометрії, оптичних методів і методів аналітичних визначень, що дало змогу встановити екологічно неприйнятні впливи на досліджувані рекреаційні території і природні та штучні водойми, розташовані поряд з автодорогами. Наприклад, поблизу скверу імені Василя Стуса і парку "Нивки" (м. Київ), що розташовані поряд з автодорогами і транспортними розв'язками, спостерігається стійке перевищення рівня кислотно-сольового забруднення ґрунтового покриву порівняно із фоновими значеннями: в осінньо-зимній період для обох парків у 4,9 разів і у 9,9 та 11,6 разів, відповідно, навесні, що створює значну небезпеку для здоров'я людей, які відпочивають на цих територіях;

удосконалено:

– уточнено методологію проведення моніторингових досліджень і прогнозування змін у екологічному стані міських зон відпочинку людей, у тому числі й розташованих поряд з природними і штучними водоймами, із застосуванням математичного моделювання, показника кислотно-сольового забруднення ґрунтів, інтегрального індексу забруднення атмосфери, а також методів експрес-аналізу компонентів навколишнього середовища – ґрунтових витяжок, снігового покриву, проб поверхневих вод тощо з урахуванням орографії місцевості, особливостей міської забудови, кліматичних і метеорологічних умов, що, на відміну від існуючих підходів, дало змогу встановити рівень екологічної небезпеки досліджуваних рекреаційних територій залежно від типу діяльності та виду відпочинку людей, розробити й впровадити у практику ефективні методи і засоби керування екологічною безпекою міських зон відпочинку.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено ґрунтовним аналізом наукових літературних і патентних джерел; відповідністю використаних методів дослідження меті і завданням, які поставлено у роботі; використанням прецизійних методів математичного моделювання. Достовірність отриманих результатів і висновків дослідження забезпечується відповідними розрахунками, натурними обстеженнями та експериментами, порівнянням експериментальних даних з даними інших дослідників. Обґрунтованість основних результатів дослідження підтверджується публікаціями у наукометричних, вітчизняних і закордонних фахових виданнях, а також представленням їх на міжнародних та вітчизняних конференціях. Репрезентативність дослідження забезпечувалась відтворюваністю результатів експериментів, застосуванням методів математичної статистики, репрезентативною вибіркою експериментальних зразків, а також шляхом порівняння теоретичних положень з емпіричними результатами.

Практичне значення одержаних результатів полягає у впровадженні комплексного підходу до забезпечення прийняттого рівня екологічної безпеки міських рекреаційних територій і водойм та зменшення впливу на них з боку викидів автотранспортних потоків.

На мові програмування C++ за співавторства створено нову комп'ютерну програму для розрахунку коефіцієнтів турбулентної дифузії шкідливих домішок за різних температур. Із використанням коефіцієнтів турбулентної дифузії у середовищі MathCad розроблено алгоритм і на його основі створено моделі полів дисперсії основних забруднювачів викидів АТЗ у приземному шарі атмосферного повітря. Запропонований алгоритм надає змогу за допомогою обчислювального експерименту встановлювати небезпечні метеорологічні умови, зокрема, вітровий режим (напрямку та швидкості вітру) на досліджуваних рекреаційних територіях.

Розроблено комплекс науково-обґрунтованих рекомендацій щодо мінімізації екологічної небезпеки шляхом встановлення зон локального забруднення територій певними токсикантами. Результати дослідження впроваджено у навчальний процес кафедри інженерної екології КПІ ім. Ігоря Сікорського для студентів спеціальності 101 "Екологія" при викладанні дисциплін "Урбоекологія", "Екологія людини", "Фізико-хімічні методи аналізу навколишнього середовища", "Хімія навколишнього середовища" (курс для магістрів), у дипломному проектуванні тощо. Промислову апробацію результатів дослідження проводили у ТОВ "Інтон" (м. Київ), ТОВ "Ньюприм-ЛТД" (м. Київ), ТОВ "Окема Плюс" (м. Київ). Акти впровадження надано у додатку до дисертації.

Особистий внесок здобувача полягає у формуванні ідеї, мети, завдань дослідження та висновків; проведенні літературного і патентного пошуків; розробленні програм досліджень і натурних обстежень дорожніх умов і характеристик транспортних потоків; методологічному й практичному застосуванні підходів до визначення техногенного навантаження на приземний простір, території рекреаційного призначення та водойми, розташовані поряд; участі у проведенні експериментів, здійсненні необхідних розрахунків, статистичного опрацювання та інтерпретації результатів

дослідження; описанні алгоритмів програмних продуктів, створених за співавторства з IT-фахівцями; участі в апробації отриманих результатів дослідження.

Автором побудовано регресійні та просторові математичні моделі, візуалізовано поля дисперсії шкідливих інгредієнтів відпрацьованих газів АТЗ у приземному просторі за різних метеорологічних умов. Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі та винесені на захист, одержані автором особисто і відображені у друкованих працях. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, використано лише ті ідеї і положення, що є результатом особистого дослідження. Внесок автора у працях, опублікованих за співавторства, конкретизовано у списку праць за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, представлені в роботі, обговорювалися на 11 міжнародних (у тому числі – 2 зарубіжних), 7 всеукраїнських науково-практичних і технічних конференціях та 1 науково-технічній конференції установ, зокрема, на:

- міжнародних конференціях:

V Міжнародному форумі «Проблеми інноваційного розвитку та інформаційного суспільства» (м. Київ, 2016 р.), VIII Міжнародній науково-практичній конференції "Архітектура та екологія" (м. Київ, 2016 р.), Республиканской научно-практической конференции "Электроэнергетика, гидроэнергетика, надежность и безопасность" (м. Душанбе, Таджикистан, 2016 р.), Міжнародній науково-технічній конференції "Ресурсозбереження і екологічна безпека" (м. Київ, 2016 р.), 72-й студенческой научно-технической конференции (м. Мінськ, Республіка Білорусь, 2016 р.), VIII Міжнародній науково-теоретичній інтернет-конференції молодих учених, аспірантів, студентів "Творчий пошук молоді – курс на ефективність" (м. Хмельницький, 2017 р.), IX міжнародній науково-методичній конференції та 121 міжнародній конференції EAS "Безпека людини у сучасних умовах" (м. Харків, 2017 р.), IX Міжнародній науково-технічній конференції "Енергетика. Екологія. Людина" (м. Київ, 2017 р.), XVII міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів "Політ. Сучасні проблеми науки. Екологічна безпека" (м. Київ, 2017 р.), III міжнародній науково-практичній конференції "Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг" (м. Львів, 2019 р.), I міжнародній науково-практичній конференції "Зелене будівництво" (м. Миколаїв, 2019 р.),

- всеукраїнських конференціях:

Всеукраїнській науково-практичній конференції "Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції" (м. Житомир, 2016 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції "Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції" (м. Харків, 2017 р.), IV Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів" (м. Житомир, 2017 р.), XVII Всеукраїнській науково-технічній конференції "Актуальні проблеми енергетики та екології" (м. Одеса, 2018 р.), XIV Всеукраїнській науковій on-line конференції студентів, магістрів та аспірантів з міжнародною участю "Сучасні проблеми екології" (м. Житомир, 2018 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених, курсантів та студентів "Управлінські,

правові та економічні аспекти забезпечення безпеки життєдіяльності населення і територій" (м. Львів, 2019 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції "Новітні технології сучасного суспільства" (м. Чернігів, 2019 р.),

- конференціях установ:

X Науково-технічній конференції інституту енергозбереження та енергоменеджменту "Енергетика. Екологія. Людина" (м. Київ, 2018 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження висвітлено у 28 наукових працях, серед яких: 8 статей у фахових виданнях, з яких 6 статей входять до закордонних видань і таких, що включені до міжнародних наукометричних баз даних (з них 1 стаття – у виданні, яке включене до Scopus і Thomson Reuters (Web of Science)), 20 робіт апробаційного характеру. Одноосібних публікацій – 9.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків до них, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний обсяг роботи становить 168 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами; сформульовано ідею, мету і завдання, а також об'єкт і предмет дослідження; описано методи дослідження; відображено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, а також особистий внесок автора; наведено дані про апробацію результатів дослідження та їх публікацію.

У **першому** розділі "Аналітичний огляд літератури і постановка проблеми" проведено аналіз літературних джерел за тематикою дослідження. На основі аналізу процесів, що відбуваються у міському середовищі за участю інгредієнтів викидів АТЗ, оцінено їх екоотоксикологічний вплив на довкілля і особливо на придорожні території міста, на здоров'я людей. Автотранспортні потоки через викиди оксидів Карбону, Нітрогену та Сульфуру, дрібнодисперсного пилу, альдегідів і поліароматичних вуглеводнів, а також через розливи нафтопродуктів становлять значну небезпеку для навколишнього природного середовища. Автотранспортні потоки, що рухаються містом, також створюють суттєву небезпеку і для об'єктів і територій рекреаційного призначення.

У зв'язку з цим автором досліджено проблему забезпечення прийняттого рівня екологічної безпеки міських зон відпочинку, розташованих поряд з автодорогами. Узагальнення існуючих у вітчизняній і світовій практиці підходів з підвищення рівня екологічної безпеки показало необхідність і актуальність подальшого розвитку системи екологічного моніторингу застосуванням експрес-методів аналізу і оцінювання навантаження з боку автотранспорту методами математичного моделювання. Це дало змогу обґрунтувати ідею, мету і завдання дисертаційного дослідження.

У **другому** розділі "Об'єкти, методи і методологія досліджень" обґрунтовано методологію проведення експериментальних досліджень, описано методики відбору проб води і ґрунтів, проведення експрес-аналізів за потенціометричним,

кондуктометричним, денсиметричним, віскозиметричним, сталагмометричним та оптичними методами, зокрема з використанням нефелометрії і рефрактометрії. Описано методику статистичного опрацювання результатів дослідження і доведення відтворюваності експериментів.

Для комплексного аналізу ступеня екологічної небезпеки міських зон відпочинку, прилеглих до автодоріг, проводили відбір проб води і ґрунтів, а також натурні дослідження автотранспортних потоків. Вивчали закономірності шкідливого впливу компонентів викидів АТЗ на здоров'я людей і рекреаційні території залежно від дорожніх і погодних умов, швидкості та режиму руху, інтенсивності автотранспортних потоків.

У роботі досліджено екологічний стан зон відпочинку поряд з озерами: 1) Райдужне (вул. Райдужна); 2) Сонячне (вул. Ревуцького); 3) озерами № 14 і № 15 (Брест-Литовське шосе); 4) Тельбін (Дарницьке шосе); 5) Гарячка (вул. Здолбунівська); 6) Жандарка (вул. Петра Григоренка); 7) Лебедине і Вирлиця (проспект Миколи Бажана); 8) Совські ставки (проспект Валерія Лобановського); 9) ставок Віта (вул. Садова); 10) озеро поряд з парком імені Романа Шухевича (проспект Романа Шухевича); 11) території відпочинку на узбережжі Дніпра; 12) зони відпочину на Русанівській набережній тощо.

Спостереження проводили також на ділянці проспекту Перемоги (перетин з вул. В'ячеслава Чорновола – перетин з проспектом Академіка Палладіна), де розташовані та активно використовуються для відпочинку парки: 13) КПІ ім. Ігоря Сікорського; 14) імені Пушкіна; 15) "Нивки"; 16) сквер імені Василя Стуса тощо. Це надало змогу комплексно (за допомогою даних моніторингових досліджень, методів експрес-аналізу і математичного моделювання) оцінити ризик впливу небезпечних інгредієнтів викидів АТЗ на водні об'єкти, території рекреаційного призначення і здоров'я людей, встановити рівень екологічної небезпеки міських зон відпочинку залежно від типу діяльності та виду відпочинку людей, розробити рекомендації щодо вдосконалення системи екологічного моніторингу територій оздоровчого призначення.

Третій розділ "Комплексне оцінювання змін в екологічному стані зон відпочинку за інгредієнтним забрудненням" присвячено результатам досліджень впливу навантаження від автотранспортних потоків на території рекреаційного призначення за допомогою вивчення кислотно-основного і сольового забруднення ґрунтових витяжок, снігового покриву і поверхневих вод, а також забруднення територій важкими металами, синтетичними поверхнево-активними речовинами тощо.

Вивчення кислотно-основного і сольового забруднення досліджуваних зон відпочинку і водних об'єктів викидами АТЗ проводили в осінньо-зимній та ранньовесняний періоди, коли до ґрунту потрапляють не тільки шкідливі речовини викидів АТЗ, а й залишки протижелезних засобів, що використовуються комунальними службами взимку. Зміну кислотності ґрунтів, снігового покриву і проб води визначали потенціометрично, застосовуючи таку шкалу кислотності: рН = 3–4 – сильно кислі; рН = 4–5 – кислі; рН = 5–6 – нейтральні; рН = 7–8 – слабо лужні; рН = 8–9 – лужні; рН = 9–10 – сильно лужні. Якісний аналіз проб на наявність аналітичних кількостей

хлорид-іонів Cl^- проводили за тест- реакцією з нітратом Аргентуму: $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl}$, тоді як кількісне визначення вмісту іонів проводили за титриметричним методом Мора у слабо лужному середовищі ($\text{pH} = 6,5-10$).

Як кількісний критерій сольового забруднення досліджуваних проб використовували показник сольового забруднення $K_{\text{сол. з.}}$ (у відсотках):

$$K_{\text{сол. з.}} = C(\text{Cl}^-) \cdot 100\% / C_{\text{ф}}(\text{Cl}^-), \quad (1)$$

де $C(\text{Cl}^-)$ – концентрації іонів Хлору у пробі, взятій у точці спостереження; $C_{\text{ф}}(\text{Cl}^-)$ – значення фонової концентрації іонів Cl^- у контрольній точці.

Вміст іонів важких та інших металів, зокрема, Плюмбуму Pb , Цинку Zn , Кадмію Cd , Купруму Cu , Меркурію Hg та Феруму Fe визначали за якісними реакціями у ґрунтових витяжках, пробах снігу і води. Як приклад, на рис. 1 показано відносну зміну кислотно-основного балансу (а) і сольового забруднення (б) на досліджуваних ділянках проспекту Перемоги порівняно із фоновими значеннями. Як видно, поблизу скверу імені Василя Стуса і парку "Нивки" спостерігається стійкий високий рівень забруднення, причому незалежно від пори року (пункти спостережень № 1, 5 і 6). При цьому рН ґрунтових витяжок сильно зміщені у бік лужного середовища. Це пояснюється, по-перше, розташуванням цих паркових зон поблизу до автодоріг і напружених транспортних розв'язок, а по-друге, зростанням у цьому напрямі інтенсивності автотранспортних потоків, а також щільною міською забудовою. Як можна побачити, сольове забруднення досліджуваних зон відпочинку демонструє небезпечне перевищення фонових значень, особливо навесні, після танення снігу.

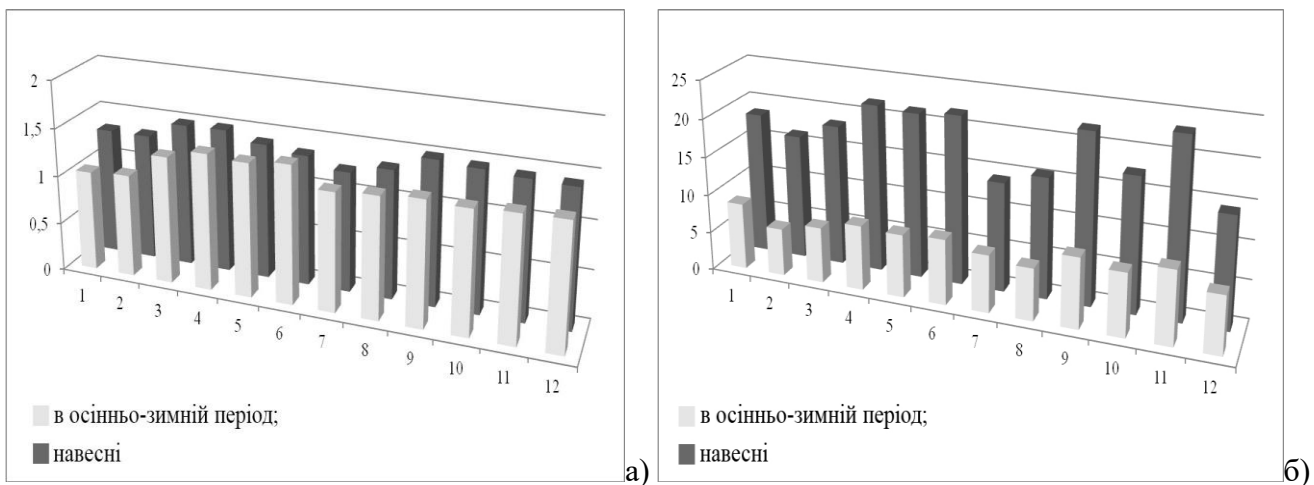


Рисунок 1 – а) кислотне $\text{pH}_i / \text{pH}_f$ та б) сольове $C(\text{Cl}^-) / C_{\text{ф}}(\text{Cl}^-)$ забруднення міських територій, розташованих уздовж проспекту Перемоги (м. Київ).

Відомо, що оптимальний діапазон кислотно-основного балансу середовища для більшості рослин становить 5,0–7,5 одиниць рН. При цьому відхилення рН ґрунтового середовища у бік лужного навіть більш згубно відбивається на життєдіяльності рослин, ніж таке саме відхилення у бік кислотного. У свою чергу, сольове забруднення призводить не тільки до збільшення навесні у ґрунтах і ґрунтових розчинах концентрації іонів Cl^- , Na^+ , але й до витискування з ґрунтового поглинаючого комплексу таких важливих катіонів, як катіони Кальцію Ca^{2+} і

Магнію Mg^{2+} , які заміщуються на більш рухомий катіон Натрію Na^+ .

За емпіричними даними розраховували показник кислотно-сольового забруднення ($K_{к-с.з.}$), який визначали для кожної зони окремо в різні періоди року як незважену суму зміни кислотно-основної рівноваги досліджуваної ділянки (за показником $pH_i/pH_{ф}$) і відносного показника сольового забруднення ґрунту ($C(CI) / C_{ф}(CI)$), проб води тощо. Встановлено, що кислотне і сольове забруднення досліджуваних зон відпочинку корелюють між собою, а залежності $K_{к-с.з.}$ від $K_{сол.з.}$ мають лінійний характер незалежно від пори року.

Якісним хімічним аналізом встановлено наявність у деяких пробах ґрунту і води іонів таких важких металів, як Цинк, Кадмій, Плюмбум (перший клас небезпеки) та Купрум (другий клас небезпеки). Вміст цих іонів суттєво підвищується навесні після танення снігу, що зумовлено не тільки роботою АТЗ, а й роторною перевалкою снігу на придорожні ґрунти. Іонів Меркурію у досліджуваних пробах не виявлено. Крім того, у жодній з проб не було встановлено радіаційного забруднення. За методом кондуктометрії проводили експрес-аналіз наявності у ґрунтових витяжках і пробах води солей металів, зокрема важких. Сутність методики полягає у тому, що більшість розчинних солей металів є сильними електролітами, які у водних розчинах майже повністю дисоційовані на іони, що спричинює значне підвищення електропровідності розчинів. Отже, за кондуктометричними даними можна встановити наявність у пробах води чи ґрунтових витяжках рухливих форм хімічних елементів та спрогнозувати міграційну активність їх іонів. За цим методом міграційна активність іонів хімічних елементів виступає як чутливий індикатор рівня забруднення і деградації ґрунтів, водних об'єктів тощо речовинами-електролітами.

Відомо, що на розсіювання забруднювальних речовин у повітряному середовищі значно впливають температура і вологість повітря, вітровий режим, орографія місцевості тощо. Тому для дослідження дисперсії інгредієнтів викидів АТЗ проаналізовано кліматичні умови м. Києва, вивчено орографію досліджуваної місцевості, а також особливості міської забудови. Це дало змогу за допомогою методів математичного моделювання і обчислювального експерименту спрогнозувати техногенне навантаження на приземне повітряне середовище з боку викидів АТЗ з урахуванням метеорологічних умов і орографії місцевості.

Четвертий розділ "Оцінювання техногенного навантаження на міські зони відпочинку за комплексним критеріальним підходом" присвячено обґрунтуванню доцільності застосування комплексного показника техногенного навантаження, який враховує тип діяльності і вид відпочинку людей як індикатору рівня екологічної небезпеки прилеглих до автодоріг зон відпочинку.

З'ясовано, що адекватно процес дисперсії шкідливих домішок у приземному шарі повітряного простору описується диференціальним рівнянням турбулентної дифузії. Під час побудови математичних моделей використано факельну модель М. Є. Берлянда в інтерпретації В. О. Холоднова. На мові програмування C++ створено програму для розрахунку коефіцієнтів турбулентної дифузії домішок за різних температур, за допомогою якої у середовищі MathCad змодельовано поля дисперсії основних забруднювачів викидів АТЗ (чадного газу CO , оксидів Нітрогену NO_x (у перерахунку на NO_2), дрібнодисперсних частинок пилу PM)

у приземному шарі атмосферного повітря за різних метеорологічних умов.

За обчислювальним експериментом встановлено екологічне навантаження на приземний простір з боку викидів автотранспортних потоків за різних вітрових режимів; визначено найнебезпечніші для досліджуваних зон відпочинку напрямки і швидкості вітру. Досліджено закономірності дисперсії і локального небезпечного концентрування поллютантів, встановлено мінімальні відстані від дороги, на яких спостерігаються екологічно прийнятні концентрації шкідливих домішок. Як приклад на рис. 2 показано результати моделювання полів дисперсії оксидів Нітрогену (у перерахунку на NO_2) для зон відпочинку, розташованих поряд з автотрасою міжнародного значення E40 і озерами № 14 і № 15 за різних напрямків вітру, де активно відпочивають люди, працюють кафе тощо.

На рис. 3 подано приклади полів дисперсії викидів оксиду Карбону (II), оксидів Нітрогену (у перерахунку на NO_2) та дрібнодисперсних твердих частинок від автотранспортних потоків, що рухаються по вул. Райдужна, за небезпечних для досліджуваної території метеоумов. Поряд із автодорогою розташована зона відпочинку та водний об'єкт – озеро Райдужне. Як видно з рисунку, на досліджуваній території серед шкідливих домішок найбільше перевищення максимальних разових гранично допустимих концентрацій ($\text{ГДК}_{\text{м.р.}}$) спостерігається для оксидів Нітрогену – приблизно у 3,8 разів.

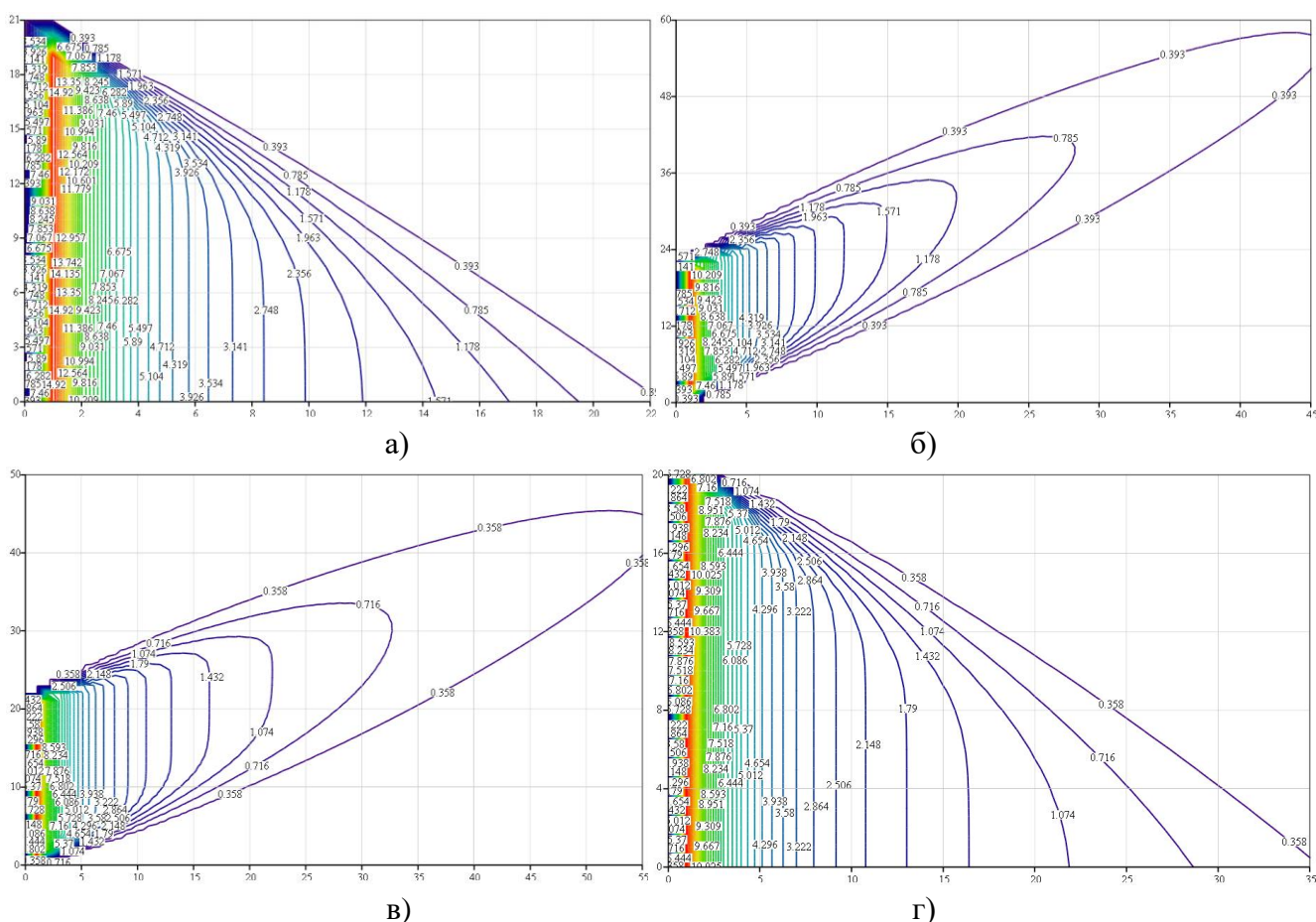


Рисунок 2 – Результати моделювання полів дисперсії оксидів Нітрогену (у перерахунку на NO_2) поблизу водних об'єктів м. Києва при несприятливих напрямках і швидкості вітру 5 м/с: а) озеро № 15, вітер східний; б) озеро № 15, вітер західний; в) озеро № 14, вітер західний; г) озеро № 14, вітер східний.

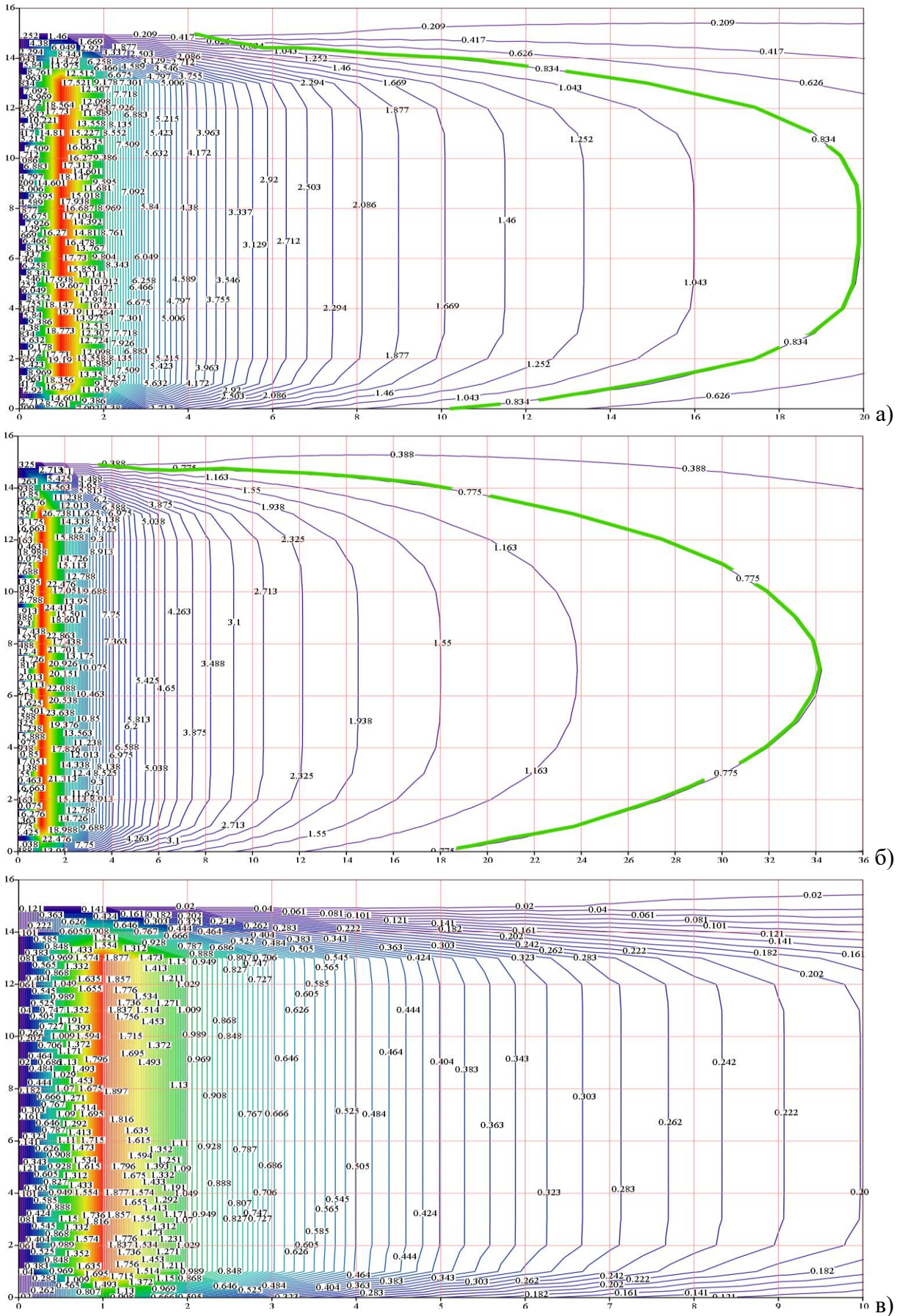


Рисунок 3 – Результати моделювання полів дисперсії: а) оксиду Карбону (II); б) оксидів Нітрогену (у перерахунку на NO₂) та в) дрібнодисперсних твердих частинок на ділянці зони відпочинку поряд з озером Райдужне за небезпечних метеоумов: напрямок вітру – північно-східний, швидкість – 3 м/с.

Для зони відпочинку парку імені Пушкіна, на яку чинять вплив автотранспортні потоки, що рухаються проспектом Перемоги, результати моделювання представлено на рис. 4.

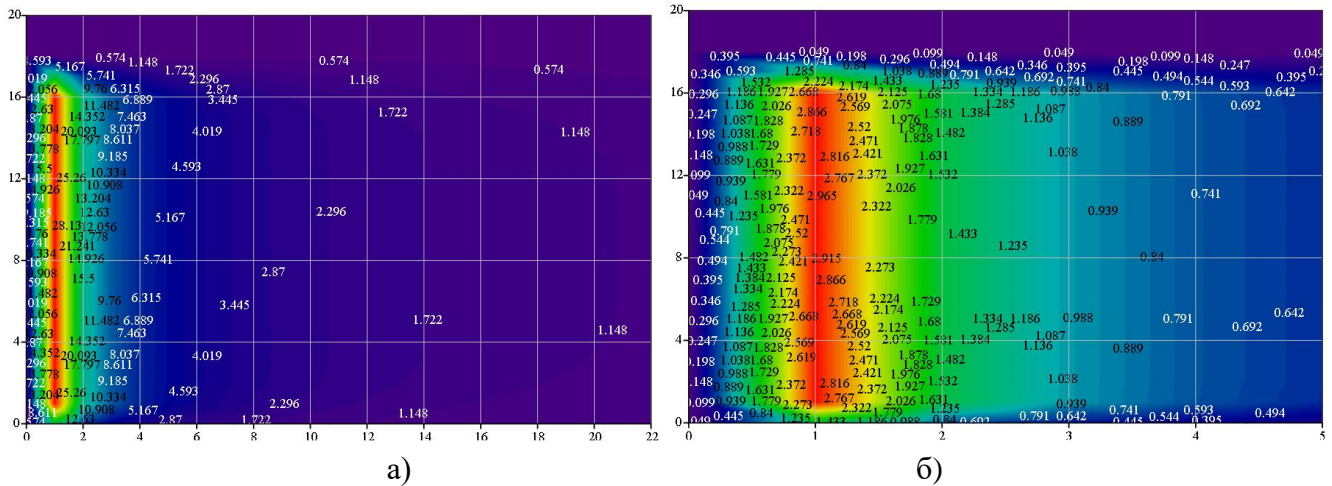


Рисунок 4 – Результати моделювання полів дисперсії: а) оксиду Карбону (II); б) дрібнодисперсних твердих частинок на ділянці зони відпочинку поряд з парком імені Пушкіна (м. Київ).

За емпіричними даними і даними моніторингових досліджень оцінювали неканцерогенний ризик для здоров'я людей, відпочиваючих на досліджуваних рекреаційних територіях, і визначали екологічний стан зон відпочинку; проводили порівняння з запропонованим нами у якості індикатора екологічної небезпеки зон відпочинку комплексним показником техногенного навантаження. Комплексний показник техногенного навантаження від викидів автотранспортних потоків розраховували за формулою:

$$КПН = \sum_{i=1}^n k_i \cdot x_i, \quad (2a)$$

де КПН – комплексний показник техногенного навантаження від викидів автотранспорту; n – загальна кількість показників, що входять до КПН; k_i – ваговий коефіцієнт для кожного з досліджуваних показників; x_i – значення кожного із показників забруднення, що формують КПН.

Залежність КПН від виду діяльності людей (сімейний відпочинок з дітьми, пікнік, відвідування "відкритого" кафе, прогулянка, купання тощо) обумовлює й певні відмінності у впливі кожної складової навколишнього середовища на цей показник. Цей вплив можна врахувати коригуванням відповідних вагових коефіцієнтів для показників забруднення атмосферного повітря, ґрунтів і водойм. Отже, із врахуванням типу діяльності і виду відпочинку людей на певній території, формула (2a) набуває вигляду:

$$КПН = k_A \cdot x_A + k_S \cdot x_S + k_W \cdot x_W, \quad (2б)$$

де k_A , k_S , k_W – вагові коефіцієнти для показників забруднення атмосферного повітря, ґрунтів і водойм, відповідно; x_A , x_S , x_W – значення показників геохімічного забруднення атмосферного повітря, ґрунтів і поверхневих вод (у балах), відповідно.

При оцінюванні ризиків для здоров'я людей, які відпочивають на міських рекреаційних територіях, особливо поблизу природних або штучних водойм, використовували систему критеріїв, рекомендованих ВООЗ (1996, 1999 та 2000 рр.). За емпіричними даними і даними моніторингових досліджень встановлено, що для досліджуваних зон відпочинку найнебезпечніший вплив чинить саме забруднення приземного шару атмосферного повітря викидами двигунів АТЗ, а серед екологічних ризиків превалює ризик для здоров'я населення (хронічна дія).

Встановлений достатньо високий рівень ризику для здоров'я людей тісно пов'язаний із викидами оксидів Нітрогену NO_x , які під впливом сонячної радіації (фотоліз) і сильних окисників (кисень, озон тощо) у повітряному середовищі майже на 95 % перетворюються на небезпечний оксид Нітрогену (IV) NO_2 . Також досить небезпечним є вміст у повітряному середовищі міста формальдегіду, який найчастіше є вторинним забруднювачем довкілля. Саме ці забруднювачі, окрім хронічних ефектів, за умов перевищення гранично допустимих концентрацій можуть спричинити й гострі ефекти для здоров'я людей. При уточненні значень рівнів ризику було приділено особливу увагу метеорологічним умовам, оскільки, наприклад, напрям і швидкість вітру, а також наявність опадів (дощу, снігу тощо) суттєво впливають на екологічну ситуацію на досліджуваних територіях.

Встановлено, що на більшості досліджених зон відпочинку рівень екологічного ризику є гранично допустимим, однак для територій поряд із озерами № 14 і № 15 та парком імені Романа Шухевича ризик є неприйнятним для населення. Як приклад на рис. 5 наведено результати моделювання і візуалізації залежностей КПН від двох параметрів – масових викидів шкідливих речовин двигунами АТЗ (оксидів Нітрогену NO_x у перерахунку на NO_2) і мінімальної відстані від дороги, на якій спостерігається екологічно прийнятна концентрація домішки (немає перевищення її ГДК_{м.р.}).

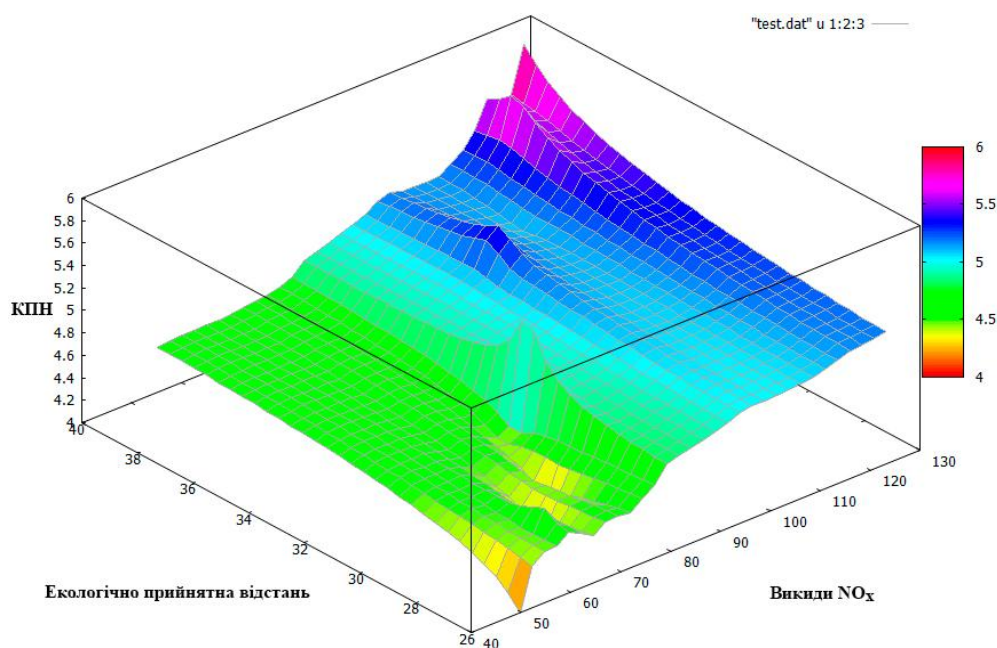


Рисунок 5 – Залежність КПН досліджуваних зон відпочинку від масових викидів оксидів Нітрогену NO_x (у перерахунку на NO_2) та мінімальної відстані від дороги, на якій спостерігається екологічно прийнятна концентрація домішки.

Аналіз залежності дає змогу спрогнозувати взаємний вплив токсичності викидів автотранспортних потоків і екологічно прийнятної відстані від дороги на геохімічне забруднення міських зон відпочинку, розташованих поблизу автодоріг. Як видно з рисунку, найвищі значення КПН відповідають областям максимальних значень обох незалежних змінних.

Таким чином, у роботі розроблено й обґрунтовано наукові рекомендації з удосконалення системи екологічного моніторингу та управління екологічною безпекою міських зон відпочинку на основі застосування експрес-аналізу компонентів довкілля, прогнозування за допомогою математичних моделей дисперсії інгредієнтів викидів АТЗ з урахуванням кліматичних і метеорологічних умов, орографії місцевості тощо та застосування комплексного показника техногенного навантаження, який враховує тип діяльності та вид відпочинку людей. Одержані результати можуть бути використані під час проєктування нових автодоріг, планування та реконструкції міських рекреаційних зон, організації дорожнього руху тощо.

ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науковою роботою, в якій запропоновано рішення актуального науково-прикладного завдання забезпечення прийняттого рівня екологічної безпеки міських рекреаційних територій і об'єктів, прилеглих до автодоріг; удосконалення системи екологічного моніторингу за допомогою математичного моделювання і комплексного оцінювання рівня змін екологічного стану залежно від типу діяльності та виду відпочинку людей.

Основні наукові і практичні результати є такими:

1. Встановлено, що основний недолік існуючих підходів до оцінювання екологічного стану міських територій, у тому числі й рекреаційного призначення, це відсутність комплексного підходу в системі управління їх екологічною безпекою, що призводить до зниження рівня екологічної безпеки міських рекреаційних зон і водних об'єктів, особливо таких, що розташовані поряд з автодорогами. Визначено основні існуючі й потенційні ризики для екологічної стабільності й безпеки міських зон відпочинку (паркових зон, територій поряд з природними і штучними водоймами, зелених зон тощо), здоров'я населення тощо.

2. Запропоновано й обґрунтовано методологію комплексного оцінювання екологічного стану міських рекреаційних зон і водних об'єктів, розташованих поряд з автодорогами, на основі експрес-аналізу за потенціометричним, кондуктометричним, денсиметричним, віскозиметричним, сталагмометричним і оптичними методами аналізу ґрунтових витяжок, атмосферних опадів, проб води тощо. Обґрунтовано доцільність застосування комплексного показника техногенного навантаження як індикатора екологічної небезпеки зон відпочинку, що дозволило залежно від типу діяльності та виду відпочинку людей встановити небезпечні для здоров'я населення зони, оцінити екологічний ризик та створити наукове підґрунтя для управління їх екологічною безпекою.

3. Досліджено кислотно-сольове забруднення ґрунтового і снігового покривів, а також забруднення зон відпочинку, розташованих поряд з автодорогами, важкими металами і поверхнево-активними речовинами. На певних ділянках, наприклад, у зонах відпочинку поблизу скверу імені Василя Стуса та парку "Нивки" встановлено суттєве порушення кислотно-основної рівноваги, а також наявність значного сольового забруднення території, особливо навесні після танення снігу. Це спричинено, в основному, використанням протиожеледних засобів узимку, високими рівнями завантаженості доріг у цю пору року, а також роторною перевалкою снігу на придорожні ґрунти.

Якісним аналізом встановлено наявність у деяких пробах ґрунту і води іонів таких важких металів, як Цинк, Кадмій, Плюмбум (перший клас небезпеки) та Купрум (другий клас небезпеки), концентрації яких значно зростають у весняну пору року. Іонів Меркурію у досліджуваних пробах не виявлено; у жодній з проб не було встановлено радіаційного забруднення. Через потрапляння нафтопродуктів і синтетичних миючих засобів у ґрунти й поверхневі води спостерігалась суттєва зміна поверхневого натягу природних розчинів (зокрема, у зонах відпочинку поряд з озерами № 14 і № 15 (Брест-Литовське шосе), Райдужним (вул. Райдужна), а також біля ставу Віта (вул. Садова)).

4. Вдосконалено систему екологічного моніторингу міських зон відпочинку комплексним застосуванням експрес-аналізу і збору даних за денсиметричним, віскозиметричним, сталагмометричним, потенціометричним, кондуктометричним і оптичними методами, а також використанням методів аналітичних визначень, математичного моделювання і розрахунку комплексного показника техногенного навантаження від викидів АТЗ. Це надало змогу підвищити надійність і прецизійність одержаної екологічної інформації і на цій основі встановити екологічний стан досліджених територій, виявити зони найбільш високого екотоксикологічного впливу на відпочиваючих в залежності від типу їх діяльності та виду відпочинку, розробити заходи з підвищення екологічної безпеки міських рекреаційних територій.

За критеріальним підходом розроблено методіку розрахунку комплексного показника техногенного навантаження з боку викидів автотранспортних потоків, який містить такі вагові складові, як показник кислотно-сольового забруднення (ґрунту, снігового покриву, водойм тощо), забруднення важкими металами, поверхнево-активними і радіоактивними речовинами (за наявності) тощо. На відміну від ресурсо- і часозатратних досліджень, запропонований показник надає змогу оцінити рівень змін екологічного стану зони відпочинку, розташованої поряд з автодорогою, і врахувати тип діяльності та вид відпочинку людей.

5. Оцінено неканцерогенний екологічний ризик досліджуваних зон відпочинку та на його основі встановлено рівень їх екологічної небезпеки. З'ясовано, що на більшості досліджуваних рекреаційних територій рівень екологічного ризику є гранично допустимим, проте для територій відпочинку

поряд із озерами № 14 і № 15 та поряд з парком імені Романа Шухевича екологічний ризик є неприйнятним для населення ($1,42 \cdot 10^{-3}$ та $1,36 \cdot 10^{-3}$, відповідно). Це спричинено тим, що, по-перше, зазначені об'єкти оточені дорогами з високою інтенсивністю автотранспортних потоків, а, по-друге, поряд з ними розташовано декілька небезпечних в екологічному сенсі об'єктів автотранспортної інфраструктури. Наприклад, парк імені Романа Шухевича має відносно невелику площу, з усіх сторін оточений напруженими автодорогами, а поблизу до нього розташовано автозаправочний комплекс і автомийку.

Встановлено, що результати розрахунку екологічного ризику досліджуваних рекреаційних зон добре корелюють із результатами розрахунку комплексного показника техногенного навантаження від автотранспортного забруднення, а, отже, запропонований показник може бути застосований як індикатор рівня змін екологічного стану міських рекреаційних територій.

6. За методом математичного моделювання (факельна модель) у програмному середовищі MathCad побудовано поля дисперсії шкідливих домішок відпрацьованих газів автомобілів. За допомогою обчислювального експерименту встановлено рівні змін екологічного стану приземного простору і зон відпочинку людей за різних метеорологічних умов; визначено найнебезпечніші для досліджуваних територій напрямки і швидкості вітру, а також мінімальні відстані від дороги, на яких спостерігаються екологічно прийнятні концентрації шкідливих домішок – чадного газу CO, оксидів Нітрогену NO_x (у перерахунку на NO_2) і дрібнодисперсних твердих частинок PM.

Встановлено залежності змін в екологічному стані приземного простору досліджуваних територій (за комплексним показником техногенного навантаження) від інтенсивності автотранспортних потоків і мінімальних безпечних відстаней від дороги, що дозволило виявити значущий (перевірений за критерієм Стюдента) статистичний зв'язок між зазначеними характеристиками і встановити визначальний вплив інтенсивності руху АТЗ на екологічний стан досліджуваних зон відпочинку людей.

7. Науково обгрунтовано і розроблено комплекс рекомендацій з удосконалення системи екологічного моніторингу міських зон відпочинку, реалізації практичних заходів з мінімізації їх екологічної небезпеки на основі застосування методів експрес-аналізу, аналітичних визначень, прогнозування розсіювання шкідливих домішок за методом математичного моделювання, розрахунку комплексного показника техногенного навантаження як індикатора змін екологічного стану досліджуваних рекреаційних зон. Це дало змогу врахувати кислотно-основне і сольове забруднення територій, забруднення важкими металами, поверхнево-активними і радіоактивними речовинами, а також тип діяльності і вид відпочинку людей.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Борисов О. О. Геоекологічна оцінка ризику кислотно-сольового забруднення приміагістральних ділянок педосфери (на прикладі міста Києва). *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2016. № 4(96). С. 41–48.

2. **Борисов О. О.**, Кофанова О. В. Потенціометрія, кондуктометрія і рефрактометрія як методи експрес-контролю якості ґрунтів і поверхневих вод у зонах відпочинку людей. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2019. № 9 (1). URL: <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/231/215> (дата звернення: 21.05.2020). DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-44.

Особистий внесок дисертанта: аналіз літературних джерел, постановка мети і задач дослідження; інтерпретація результатів дослідження у частині імплементації методів експрес-контролю якості ґрунтів і поверхневих вод у зонах відпочинку людей з метою встановлення на них впливу токсичних відпрацьованих газів автотранспорту.

Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

3. **Борисов О. О.**, Кофанова О. В. Комплексний аналіз геохімічного стану придорожніх територій великого міста. *Вісник Нац. техніч. ун-ту "ХП"*. Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях. X : НТУ "ХП". 2017. № 32 (1254). С. 91–97. DOI: 10.20998/2413-4295.2017.32.15 (індексується в *WorldCat, Google Scholar, Index Copernicus, Ulrich's Periodicals Directory*).

Особистий внесок дисертанта: формулювання ідеї, постановка мети і завдань дослідження, збір та обробка вихідної моніторингової інформації, інтерпретація результатів дослідження.

4. **Борисов О. О.**, Кофанов О. Є. Екологічне навантаження з боку автотранспортних потоків на придорожні території рекреаційного призначення. *Енергетика : економіка, технології, екологія*. 2018. № 4. С. 124–133 (включено до РІНЦ, *Наукова періодика України, Google Scholar*).

Особистий внесок дисертанта: добір та аналіз наукової літератури, інтерпретація результатів щодо оцінювання антропогенного навантаження, спричиненого автотранспортом, на рекреаційні придорожні території.

5. **Борисов О. О.**, Кофанова О. В. Проблеми вторинної міграції хімічних елементів – інгредієнтів викидів автотранспортних засобів на придорожніх рекреаційних територіях міст. *Екологічні науки*. 2019. Вип. 1 (924). т. 1. С. 17–21 (індексується в *Index Copernicus*).

Особистий внесок дисертанта: участь у проведенні натурних і лабораторних досліджень, побудові математичних моделей, уточненні та інтерпретації результатів.

6. **Борисов О. О.**, Кофанова О. В. Інтегральний показник геохімічного забруднення міських рекреаційних зон внаслідок автотранспортного навантаження. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. № 1. С. 117–129 (включено до РІНЦ, *Наукова періодика України, Google Scholar*).

Особистий внесок дисертанта: формулювання ідеї, постановка мети і завдань дослідження, збір та обробка вихідної інформації, інтерпретація результатів дослідження.

7. Kofanov O., Vasylykevych O., Kofanova O., Zozul'ov O., Kholkovsky Yu, Khrutba V., **Borysov O.**, Bobryshov O. Mitigation of the environmental risks resulting from diesel vehicle operation at the mining industry enterprises. *Mining of Mineral Deposits*. 2020. 14(2). С. 110–118. DOI: 10.33271/mining14.02.110 (*входить до Scopus, Web of Science Core Collection, WorldCat, Academic Resource Index (ResearchBib), Google Scholar, Vernadsky National Library of Ukraine, Institutional Repository National Mining University of Ukraine, Scientific Electronic Library Periodicals of the NAS of Ukraine*).

Особистий внесок дисертанта: збір та обробка вихідної інформації, участь у проведенні моделювання, інтерпретація результатів дослідження.

Праці у закордонних наукових фахових виданнях:

8. Кофанова Е. В., **Борисов А. А.**, Евтеева Л. И. Рассеивание вредных веществ в придорожном воздушном пространстве вблизи водных объектов г. Киева. *Горная механика и машиностроение*. 2018. № 2. С. 31–38 (Республіка Білорусь).

Особистий внесок дисертанта: вивчено дорожні умови, характеристики транспортних потоків автомагістралями м. Києва; визначено обсяги викидів автотранспортними засобами на досліджуваних ділянках, взято участь у створенні математичних моделей забруднення придорожнього повітряного простору.

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Борисов А. А. Токсикологическое воздействие выбросов автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье человека. Сборник материалов 72-й студ. науч.-техн. конф., 20–28 квіт. 2016 р. Мінськ : БНТУ, 2016. С. 128–132.

10. Кофанова О. В., **Борисов О. О.** Новітній підхід до моделювання шкідливого впливу автомобільного транспорту на довкілля. *Проблеми інноваційного розвитку та інформаційного суспільства* : матеріали V Міжнар. форуму, 20–21 жовт. 2016 р., у 2-х частинах, ч. 1. К.: УкрІНТЕІ, 2016. С. 129–134.

Особистий внесок дисертанта: збір та обробка даних, проведення моделювання й інтерпретація результатів дослідження.

11. Борисов О. О. Аналіз негативного впливу автотранспортних потоків на прилеглі території та здоров'я людини. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції*: тези Всеукр. наук.-практ. конф., 27 жовт. 2016 р. Житомир: ЖДТУ, 2016. С. 15.

12. Борисов О. О. Аналіз шляхів поліпшення екологічного стану територій, порушених під впливом автотранспортних потоків. *Архітектура та екологія* : Матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф., 31 жовт.–1 листоп. 2016 р. К.: НАУ, 2016. С. 49–51.

13. Борисов О. О. Хімічні та фізико-хімічні перетворення шкідливих речовин викидів автотранспорту у довкіллі. *Ресурсозбереження і екологічна безпека*: Міжнар. наук.-техн. конф., 8 груд. 2016 р. Київ : НТУУ "КПІ", 2016. С. 4–6.

14. Борисов А. А. Опасность изменения кислотно-солевого баланса городских приавтомобильных почв. *Электроэнергетика, гидроэнергетика, надежность и безопасность*: материалы Республиканской науч.-практ. конф., 24 груд. 2016 р. Душанбе: Промекспо, 2016. С. 290–293.

15. Борисов О. О. Еколого- економічний ризик сольового забруднення і деградації ґрунтів великого міста. *Творчий пошук молоді – курс на ефективність*: тези доповідей VIII Міжнар. наук.-теор. інтернет-конф. молодих учених, аспірантів, студентів, 21 берез. 2017 р. Хмельницький : ХКТЕІ, 2017. С. 22–25. URL: <http://www.xktei.km.ua/files/tp.pdf> (дата звернення: 01.06.2020).

16. **Борисов О. О.**, Назарова Т. М. Хімічні аспекти сольового та кислотного забруднення придорожніх ґрунтів. *Політ. Сучасні проблеми науки. Екологічна безпека*: XVII міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 4–7 квіт. 2017 р. Київ: НАУ, 2017. С. 93.

Особистий внесок дисертанта: збір та обробка вихідної інформації, участь у проведенні експериментів, аналіз результатів.

17. Борисов О. О. Геоекологічні аспекти розповсюдження забруднювачів на придорожніх територіях великих міст. *Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів*: тези IV Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 12–13 квіт. 2017 р. Житомир: ЖДТУ, 2017. С. 6–8.

18. **Борисов О. О.**, Кофанова О. В. Альтернативне пальне для екологізації автотранспортного комплексу. *Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції*: збірник наук. праць Всеукр. наук.-практ. конф., 21 квіт. 2017 р., т. 2. Харків, Київ: Інтерсервіс, 2017. С. 251–255.

Особистий внесок дисертанта: обробка інформації із наукових літературних джерел, аналіз сучасних технологічних рішень й визначення потенційних позитивних ефектів для міст від використання альтернативних палив.

19. Кофанова О. В., **Борисов О. О.** Вплив модуляції фізико-хімічних властивостей моторних палив на покращення екологічних та експлуатаційних характеристик автотранспортних засобів. *Енергетика. Екологія. Людина*: тези доповідей IX міжнар. наук.-техн. конф., 25–26 трав. 2017 р. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. С. 38–41.

Особистий внесок дисертанта: аналіз потенційного позитивного ефекту для міських територій від використання палив зі зміненими фізико-хімічними властивостями.

20. **Борисов О. О.**, Кофанова О. В. Ризики впливу автотранспортних потоків на стан міського повітряного середовища. *Енергетика. Екологія. Людина*: збірник наук. праць IX міжнар. наук.-техн. конф. Інституту енергозбереження та енергоменеджменту, 25–26 трав. 2017 р. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. С. 248–252.

Особистий внесок дисертанта: формулювання ідеї, постановка мети і завдань дослідження, збір та обробка даних, інтерпретація результатів.

21. Борисов О. О. Геохімічне забруднення придорожніх ґрунтів та поверхневих вод. *Безпека людини у сучасних умовах*: збірник наукових статей та матеріалів IX-ї міжнар. наук.-метод. конф. та 121-ї міжнар. конф. EAS, 7–8 груд. 2017 р. Харків: НТУ "ХПІ", 2017. С. 139–144.

22. **Борисов О. О.**, Кофанова О. В. Вплив автотранспортної інфраструктури на геоекологічний стан придорожньої території. *Сучасні проблеми екології*: тези XIV Всеукр. наук. on-line конф. студентів, магістрів та аспірантів з міжнар. участю, 15 берез. 2018 р. Житомир: ЖДТУ, 2018. С. 24.

Особистий внесок дисертанта: формулювання ідеї дослідження, постановка його мети і завдань, інтерпретація результатів дослідження.

23. **Борисов О. О.**, Кофанова О. В. Розподіл концентрації забруднювачів відпрацьованих газів автотранспортних засобів у приземному шарі повітря.

Енергетика. Екологія. Людина: збірник наук. праць Х наук.-техн. конф. Інституту енергозбереження та енергоменеджменту. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. С. 377–381.

Особистий внесок дисертанта: проведення моделювання й інтерпретація його результатів.

24. **Борисов А. А.**, Кофанова Е. В. Оценка экологического состояния придорожных водных объектов методом математического моделирования. Актуальні проблеми енергетики та екології: матеріали XVII Всеукр. наук.-техн. конф., 26–29 верес. 2018 р. Одеса: ОНАХТ, 2018. С. 37–38.

Особистий внесок дисертанта: моделювання впливу автотранспортного забруднення на стан водних об'єктів міста.

25. **Borysov O.**, Kofanova O. Assessment of the automobile pollution influence on urban roadside territories and surface waters. *Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг*: матеріали 3-ї міжнар. наук.-практ. конф., 23–25 жовт. 2019 р. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. С. 12–13.

Особистий внесок дисертанта: оцінка негативного впливу транспортного забруднення на довкілля міст, особливо територій рекреаційного призначення, із використанням математичного моделювання.

26. **Борисов О. О.**, Кофанов О. Є., Кофанова О. В. Моделювання забруднення міських рекреаційних територій, що прилягають до автодоріг. *Управлінські, правові та економічні аспекти забезпечення безпеки життєдіяльності населення і територій*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів. Львів: ЛДУ БЖД, 2019. С. 10–13.

Особистий внесок дисертанта: формулювання ідеї, постановка мети і завдань дослідження, збір та обробка вихідної інформації із використанням методів математичного моделювання.

27. **Борисов О. О.**, Кофанова О. В. Просторово-територіальне забруднення міських зон відпочинку. *Зелене будівництво*: матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф., 12–13 листоп. 2019 р. Київ, Миколаїв: КНУБА, 2019. С. 53–55.

Особистий внесок дисертанта: проведення моделювання розповсюдження забруднювальних речовин поблизу зон відпочинку людей.

28. **Борисов О. О.**, Кофанова О. В. Геоінформаційні системи в оцінці впливів компонентів міської інфраструктури на довкілля. *Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2019)*: наук.-практ. конф., 12 груд. 2019 р. Чернігів: ЧНТУ, 2019. С. 90–91.

Особистий внесок дисертанта: формулювання ідеї, постановка мети і завдань дослідження, збір та обробка вихідної інформації, інтерпретація результатів дослідження.

АНОТАЦІЇ

Борисов О. О. Наукові засади оцінювання рівня екологічної безпеки міських зон відпочинку, прилеглих до автодоріг. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ, 2020.

На основі моніторингових досліджень міських зон відпочинку щодо кислотно-основного і сольового забруднення, забруднення важкими металами, поверхнево-активними і радіоактивними речовинами ґрунтів, атмосферних опадів і поверхневих вод, а також з урахуванням типу діяльності і виду відпочинку людей розроблено методику оцінювання техногенного навантаження на приземний простір рекреаційних територій, розташованих поряд з автодорогами.

Обґрунтовано доцільність застосування і розроблено методику розрахунку комплексного показника техногенного навантаження як індикатора змін екологічного стану досліджуваних територій. Це дозволило встановити рівень екологічної небезпеки зон відпочинку людей залежно від типу діяльності та виду відпочинку і на цій основі створити наукове підґрунтя для вдосконалення системи екологічного моніторингу міських рекреаційних територій, розробити заходи і надати рекомендації з підвищення їх екологічної безпеки.

За методом математичного моделювання побудовано поля дисперсії шкідливих домішок відпрацьованих газів автомобілів (чадного газу CO, оксидів Нітрогену NO_x у перерахунку на NO₂ і дрібнодисперсних твердих частинок РМ) і встановлено рівні техногенного навантаження на досліджувані зони відпочинку. За різних метеорологічних умов визначено мінімальні відстані від дороги, на яких спостерігаються екологічно прийнятні концентрації шкідливих домішок.

Ключові слова: екологічна безпека, екологічний моніторинг, кислотно-основне і сольове забруднення, забруднення атмосферного повітря, оцінювання якості довкілля, викиди автотранспортних засобів, рекреаційні території, техногенне навантаження.

Борисов А. А. Научные основы оценивания уровня экологической безопасности городских зон отдыха, прилегающих к автодорогам. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – *Государственная экологическая академия последипломного образования и управления, Киев, 2020.*

На основе мониторинговых исследований зон отдыха по кислотно-основному и солевому загрязнению, загрязнению тяжелыми металлами, поверхностно-активными и радиоактивными веществами почв, атмосферных осадков и поверхностных вод, а также с учетом типа деятельности и вида отдыха людей разработана методика оценивания техногенной нагрузки на приземное пространство рекреационных территорий, расположенных рядом с автодорогами. Предложенная методология комплексной оценки экологического состояния таких территорий предусматривает проведение экспресс-анализа с использованием потенциометрического, кондуктометрического, денсиметрического, вискозиметрического, сталагмометрического и оптического методов.

Обоснована целесообразность применения и разработана методика расчета комплексного показателя техногенной нагрузки как индикатора изменений

экологического состояния исследуемых территорий. Это позволило установить уровень опасности зон отдыха людей в зависимости от типа деятельности и вида отдыха и на этой основе создать научную основу для совершенствования системы экологического мониторинга городских рекреационных территорий, разработать мероприятия и дать рекомендации по повышению их экологической безопасности.

Оценен риск для здоровья отдыхающих в изученных зонах рекреации и на его основе установлены уровни экологической опасности для городского населения. Результаты расчета риска для здоровья хорошо коррелируют со значениями комплексного показателя техногенной нагрузки, что доказывает, что предложенный показатель может быть использован как индикатор уровня экологической опасности в системе экологического мониторинга.

Для исследуемых рекреационных территорий с использованием метода математического моделирования построены поля дисперсии вредных примесей отработавших газов автомобилей и установлены уровни опасности приземного пространства и зон отдыха людей при различных метеорологических условиях. Определены наиболее опасные для изученных зон отдыха направления и скорости ветра, а также установлены минимальные расстояния от дороги, на которых наблюдаются экологически приемлемые концентрации вредных примесей – угарного газа CO, оксидов азота NO_x (в пересчете на NO₂) и мелкодисперсных твердых частиц РМ.

Получены зависимости изменений в экологическом состоянии приземного пространства исследуемых территорий (комплексный показатель техногенной нагрузки) от интенсивности автотранспортных потоков и минимального безопасного расстояния от дороги, что позволило выявить значимую статистическую связь между указанными характеристиками и установить определяющее влияние интенсивности движения автотранспортных потоков на изменение экологического состояния исследуемых зон отдыха.

Ключевые слова: экологическая безопасность, экологический мониторинг, кислотно-основное и солевое загрязнение, загрязнение атмосферного воздуха, оценка качества окружающей среды, выбросы автотранспортных средств, рекреационные территории, техногенная нагрузка.

Borysov O. Scientific bases of the assessment of the level of ecological safety of urban recreational areas located nearby highways. – The manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences in speciality 21.06.01 – ecological safety. – *State Environmental Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, 2020.*

On the basis of monitoring studies of urban recreational areas on acid-base and saline contamination, pollution by heavy metals, surfactants and radioactive substances of soil, precipitation and surface waters, as well as taking into account the type of activity and recreation of people a method of assessing technogenic load on the surface space of recreational areas located near highways was developed.

The expediency of application and the technique of calculation of the complex indicator of the technogenic load as the indicator of changes of ecological state of investigated territories were developed and substantiated. This allowed to establish the level of ecological danger of recreational areas depending on the type of human activity and recreation and to create a scientific basis for the improvement of the environmental monitoring of urban recreational areas; to develop measures and provide recommendations for improving their ecological safety, etc.

By the method of mathematical modeling, the fields of dispersion of harmful impurities of exhaust gases of vehicles (carbon monoxide CO, nitrogen oxides NO_x (in terms of NO₂) and particulate matter) were created and levels of technogenic load on the investigated recreational areas were determined. Under different weather conditions, the minimum distances from the road at which ecologically acceptable concentrations of harmful impurities are observed were defined.

Keywords: ecological safety, environmental monitoring, acid-base and saline contamination, air pollution, environmental quality assessment, exhaust gases emissions, recreational territories, technogenic load.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Свідоцтво про державну реєстрацію: серія ДК № 5354 від 25.05.2017 р.
просп. Перемоги, 37,
м. Київ, 03056

Підп. до друку 18.11.2020. Формат 60×84¹/₁₆. Папір офс. Гарнітура Times.
Спосіб друку – електрографічний. Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,98. Наклад 100 пр.
Зам. № 20-104.

Видавництво «Політехніка», КПІ ім. Ігоря Сікорського
вул. Політехнічна, 14, корп. 15
м. Київ, 03056
тел. (044) 204-81-78