

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МИХАЙЛОВА ЛАРИСА СТЕПАНІВНА



УДК 504:625.7

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ҐРУНТІВ ПРИДОРОЖНЬОГО ПРОСТОРУ В
УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ НАФТОПРОДУКТАМИ**

21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата
технічних наук

Суми – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник –

доктор технічних наук, професор
Юрченко Валентина Олександрівна,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет Міністерства освіти і
науки України,
професор кафедри екології.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, доцент
Петрушка Ігор Михайлович,
Національний університет
«Львівська політехніка» Міністерства
освіти і науки України,
завідувач кафедри екологічної безпеки та
природоохоронної діяльності;

кандидат технічних наук, доцент
Васькін Роман Анатолійович,
Сумський державний університет
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри прикладної екології.

Захист відбудеться 28 лютого 2014 р. о 12.00 на засіданні спеціалізованої вченої ради **К 55.051.04** в Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова 2, корп. Ц, ауд. 204.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, Україна, м. Суми, вул. Римського Корсакова, 2.

Автореферат розіслано «___» січня 2014 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Гурець Л. Л.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Підвищення рівня автомобілізації в Україні спричиняє збільшення техногенного навантаження, що створюють для довкілля автомобільні дороги при будівництві, експлуатації та ремонті. Найбільшого техногенного впливу в придорожньому просторі зазнають природні екосистеми, які знаходяться в умовах інгредієнтного забруднення (мікрозона хімічного впливу). Серед найчутливіших до інгредієнтного впливу екосистем ґрунтові мають найнижчі масообмінні характеристики та здатність до самовідновлення. Дослідження хімічного складу ґрунтів придорожного простору дозволяє відстежити й усереднити показники забруднення за досить тривалий відрізок часу, виключаючи випадкові процеси та події. Найбільшу екологічну небезпеку для придорожніх ґрунтів за кратністю перевищення гранично-допустимої концентрації (ГДК) створюють нафтопродукти (НП), емісію яких на автодорогах спричиняють витoki оливи та палива на дорожнє полотно, зношення дорожнього покриття та шин, адсорбція й конденсація продуктів згоряння палива. Склад НП, що утворюються при експлуатації автодоріг, неоднорідний: серед них є сполуки помірної екологічної небезпеки (нафтові та парафінові фракції) й надзвичайно небезпечні (поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ)). Проте масоперенесення НП або їх окремих компонентів на придорожній простір та особливості створеної ними екологічної небезпеки вивчені досить обмежено. Нормативні документи у сфері екологічних вишукувань при проектуванні автомобільних доріг не враховують закономірності поширення НП або їх особливо небезпечних фракцій від автодоріг у придорожні екосистеми. Проектування та експлуатація автомобільних доріг гостро потребують методів прогностичного інженерного розрахунку зон екологічно небезпечного забруднення НП. Для ефективного захисту прилеглих до доріг ґрунтів та придорожного простору в цілому від забруднення НП необхідне визначення показників масоперенесення НП, особливо екологічно найнебезпечніших фракцій, від автодороги в ґрунтові екосистеми. Це дозволить обґрунтовано прогнозувати (для доріг, які проектуються) та встановлювати (для доріг, які експлуатуються) розміри екологічно небезпечної зони забруднення НП і межі екологічно безпечних територій, а також визначати ефективність технічних заходів щодо забезпечення захисту придорожного простору, особливо в умовах міської забудови.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідної державної роботи МОН України «Відведення поверхневих стічних вод з автомобільних доріг і мостових переходів» (ДР № 0113U005767) на кафедрі екології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Мета і завдання роботи. Метою дисертаційної роботи є розроблення методів комплексної оцінки відповідності наявного та прогнозованого впливу техногенної емісії НП, яку створює експлуатація автомобільних доріг, завданню збереження та відновлення ґрунтових екосистем придорожного простору.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати особливості техногенного навантаження НП, що створюють автомобільні дороги на придорожні ґрунтові екосистеми;
- експериментально дослідити та кількісно охарактеризувати потік НП, що створює експлуатація автодоріг, у придорожній простір;
- експериментально визначити розповсюдження НП у поверхневому шарі ґрунтів придорожного простору та по глибині ґрунтового профілю, а також його залежності від показників експлуатації автодороги;
- експериментально встановити динаміку (за часом) накопичення НП у ґрунтах придорожного простору;
- фракціонувати та ідентифікувати НП у викидах двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), в атмосфері та ґрунтах придорожного простору;
- визначити чинники, що впливають на розповсюдження НП в придорожному просторі, та встановити особливості цього впливу для поліпшення екологічної безпеки міських територій;
- розробити регресійні рівняння розповсюдження НП у ґрунтах придорожного простору, які можуть використовуватися при проектуванні автомобільних доріг для прогнозного інженерного розрахунку екологічно небезпечних територій придорожного простору.

Об’єкт дослідження - екологічна безпека придорожного простору в умовах емісії нафтопродуктів від автодороги.

Предмет дослідження - розповсюдження та хімічний склад нафтопродуктів, які утворюються в придорожному просторі в результаті експлуатації автомобільної дороги.

Методи досліджень. При дослідженні забруднення НП екосистем придорожного простору (атмосфери, ґрунтів, рослинності) в натурних та лабораторних умовах застосовували хімічні та фізико-хімічні методи аналізу (дослідження атмосфери, ґрунтів та снігового покриву); метод біоіндикації та розрахункові методи (дослідження стану атмосфери). Для обробки експериментальних даних використовували статистичні методи та регресійний аналіз у програмах Excel і MatLab.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше в ґрунтах придорожного простору виявлені та кількісно охарактеризовані сполуки 1-го і 2-го класу небезпеки - поліциклічні ароматичні вуглеводні, які створюють надзвичайну екологічну небезпеку для придорожніх територій за кратністю перевищення орієнтовно-допустимої концентрації (ОДК);
- вперше експериментально визначені кількісні характеристики потоку НП від автодороги на поверхневий шар ґрунтів та в глибину ґрунтового профілю в придорожному просторі залежно від характеристик транспортного потоку, параметрів дороги та придорожного простору й кліматичних умов;
- вперше встановлена динаміка (за часом) накопичення НП у придорожніх ґрунтах;

– розроблені регресійні залежності розповсюдження НП у ґрунтах придорожного простору, необхідні для прогностичних інженерних розрахунків та екологічного нормування, що поліпшує екологічну безпеку придорожніх територій.

Практичне значення отриманих результатів

На підставі результатів дослідження розроблено рекомендації для прогностичних інженерних розрахунків: потоку НП від автодороги в ґрунти придорожного простору; концентрації та швидкості накопичення НП у поверхневому шарі ґрунтів придорожного простору автодоріг з різною інтенсивністю руху автотранспорту; відстані від дороги до екологічно безпечних територій за рівнем забруднення НП. Рекомендації передані ДержДорНДІ ім. М. П. Шульгіна (акт приймання-передачі науково-технічної документації від 10.09.2013).

Отримані результати впроваджені в навчальний процес при вивченні дисципліни «Екологічна безпека» студентів спеціальності 6.040106 та науково-дослідну роботу студентів і магістрів ХНАДУ (акт впровадження від 06.09.2013).

Особистий внесок здобувача. Автором проведений детальний аналіз сучасного стану екологічної проблеми, що створює емісія НП у придорожній простір; методів нормування НП у ґрунтах у різних країнах; токсичності та шляхів детоксикації НП у ґрунтах придорожного простору. Самостійно виконано експериментальні дослідження забруднення НП придорожніх екосистем на різних ділянках автомобільних доріг м. Харкова та Харківської області з застосуванням сучасної аналітичної техніки, у тому числі хроматографічного обладнання новітнього покоління. Автором удосконалені існуючі методи розрахунку потоків НП від автодороги в придорожній простір; експериментально визначено потоки НП на поверхню ґрунту та в глибину ґрунтового профілю; проведено статистичну обробку експериментальних даних і побудовані регресійні рівняння для застосування в прогностичних інженерних розрахунках. Вибір теми дисертаційної роботи, постановка завдань, обговорення отриманих результатів, формулювання висновків відбувалося спільно з науковим керівником, д. т. н., професором Юрченко В. О. Особистий внесок автора у роботах, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на науково-технічних конференціях ХНАДУ в 2008–2012 рр.; Міжнародній конференції молодих вчених та аспірантів «Эффективные материалы, технологии, машины и оборудование для строительства и эксплуатации современных транспортных сооружений» (Белгород, 2008 р.); всеукраїнських наукових конференціях студентів, магістрів, аспірантів «Екологічні проблеми регіонів України» (Одеса, 2008 р.) та «Сучасні проблеми екології та геотехнологій» (Житомир, 2008 р.); міжнародних науково-технічних конференціях «Екологія і здоров'я людини. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів» (Алушта, 2009 р., Бердянськ, 2010-2011 рр.); Всеукраїнській науково-практичній конференції іноземними мовами «Перспективи розвитку транспортних систем, автомобільної і дорожньо-будівельної галузей промисловості» в ХНАДУ в 2011 р.; міжнародних на-

уково-практичних конференціях «TRANSBALTICA» (Вільнюс, 2011, 2013 рр.) та «Екологічний інтелект» (Дніпропетровськ, 2009, 2012 рр.); науково-технічних конференціях ХНУБА в 2011–2012 рр.; Міжнародному конгресі «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (Львів, 2012 р.); науково-практичній конференції, присвяченій екологічній безпеці ґрунтових екосистем, Бранденбурзького технічного університету (Коттбус, 2012 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 25 наукових праць: 8 статей у фахових виданнях України, 1 стаття в зарубіжному виданні, 13 статей в інших збірниках, 3 тези доповідей на конференціях.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 7 додатків. Загальний обсяг роботи - 214 сторінок. Робота містить 37 рисунків і 52 таблиці. Додатки розміщені на 31 сторінці, список використаних джерел у кількості 197 найменувань - на 25 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету, об'єкт, предмет та завдання дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів дисертації й особистий внесок автора.

У **першому розділі** викладено аналіз сучасного стану проблеми техногенного навантаження, що створює автодорога на придорожні екосистеми, особливо на етапах експлуатації та утримання. Відзначено, що найбільшого інгредієнтного впливу в мікрзоні хімічного забруднення зазнають ґрунтові екосистеми. Одним із найбільш екологічно небезпечних поллютантів, що надходять від автодороги в ґрунти придорожного простору, є НП. Проте нормативи ГДК для НП у ґрунті в Україні не встановлені, існує лише посилення на орієнтовно-допустиму концентрацію (ОДК). У той час, як у багатьох європейських країнах практикують роздільне нормування НП та їх найбільш небезпечних компонентів – ароматичних ВВ, у тому числі ПАВ, значна частина яких є канцерогенними.

Значний внесок у вивчення особливостей забруднення ґрунтів придорожного простору НП зробили роботи вітчизняних і зарубіжних учених: Юрченко В.О., Рябовой О.В, Карп І.Н., Пшеніна В.Н., Лісовицької О. В., Коровіной Е.В., Каверіной Н.В., Хунас Касі, Atlas R.M., Unger H.J., Hildemann L.M., Chan C., Sheldon L., Sjogren M., Williams R. L. та інших. Проте існуючі кількісні характеристики перенесення НП від автодороги в екосистеми придорожного простору не дозволяють спрогнозувати межі екологічно безпечної території в умовах емісії НП від автодороги.

Показані актуальність і необхідність встановлення кількісних показників розповсюдження НП (особливо їх найнебезпечніших компонентів) у придорожніх ґрунтах для екологічного нормування в сфері проектування та експлуатації автомобільних доріг, що забезпечує сталу екологічну безпеку придорожніх територій.

У **другому розділі** наведено характеристики об'єктів та методів експериментального дослідження. Досліджувалися ділянки придорожного простору 6 автодо-

ріг м. Харкова та 3 автодоріг Харківської області з різною інтенсивністю руху автомобільного транспорту: вул. Шевченка (2680-2940 авт./год.), вул. Ак. Павлова (1800-2050 авт./год.), вул. Блюхера (1210-1430 авт./год.), Пр. Тракторобудівників (990-1120 авт./год.), вул. Пушкінська (700-960 авт./год.), вул. Артема (354-400 авт./год.), М03 «Київ-Должанська» (1052 авт./год.), М18 «Харків-Сімферополь-Алушта-Ялта» (575 авт./год.), Р-46 «Харків-Охтирка» (587 авт./год.).

Забруднення придорожного простору НП досліджували в натурних (оцінка характеристик транспортного потоку, аналіз проб повітря, ліхеноіндикація) і в лабораторних (аналіз відпрацьованих газів (ВГ) карбюраторного ДВЗ, проб снігу та ґрунту) умовах із застосуванням розрахункових, хімічних та фізико-хімічних методів аналізу, згідно з методиками, рекомендованими нормативною документацією. При визначенні кількісного та якісного складу викидів летючих органічних сполук (ЛОС) від автотранспорту використовували сорбційні трубки з подальшою десорбцією та газохроматографічним аналізом. Концентрацію НП у ґрунтах визначали гравіметричним методом, методом інфрачервоної фотометрії (аналізатор нафти АН-2) і методом газорідинної хроматографії (ГРХ). Елементний склад придорожніх ґрунтів визначали методом рентгенофлуоресцентного аналізу на аналізаторі X-Supreme 8000 Oxford Instruments. Ідентифікацію, кількісне визначення та фракціонування НП виконували методом тонкошарової та ГРХ на хроматографі 8065 Carlo Erba з маспектронетричним (МС) детектором, а також на хроматографі «Кристал-2000 М» з полум'яно-іонізаційним детектором (ПД) при встановленні режимів хроматографування за допомогою програм «Масслінкс» і «Хроматек Аналітик 2.5». Хромато-маспектронетричні дослідження виконували на базі Центральної аналітичної лабораторії Бранденбурзького технічного університету (м. Коттбус, Німеччина).

Для аналізу та статистичної обробки отриманих даних при розробленні регресійних рівнянь використовували програми Excel і MatLab.

Третій розділ присвячений комплексним експериментальним дослідженням надходження та розповсюдження НП у придорожному просторі автодоріг м. Харкова та Харківської області.

Оцінка техногенного навантаження, яке створює емісія НП на придорожній простір, складається з розрахунку потоку НП від автодороги в атмосферу за модифікованим методом ГСТУ 218-02071168-096-2003; експериментального визначення потоку НП, що досягає поверхні придорожного простору (аналіз снігу) та потоку НП, що акумулюється в ґрунтовому профілі.

Визначено, що питомий потік НП від досліджуваних автодоріг в атмосферу придорожного простору становить $72,8-254,9 \text{ мг}(\text{м}^2 \cdot \text{добу})^{-1}$ (навітряна сторона), що створює інтенсивне техногенне навантаження на придорожній простір. При визначенні кількісних показників потоку НП, що досягає поверхні придорожніх ґрунтів, як депонуюче середовище використали сніговий покрив (утворений за певний час на певній площі придорожного простору) ділянок міських і заміських доріг. Потік умовно важких НП ($C \geq 28$) визначався як різниця між потоком НП, екстрагованих з

талої води хлороформом, і потоком НП, вилучених гексаном. Встановлено, що величина максимального потоку НП, який депонує сніг, позитивно корелює (коефіцієнт кореляції - 0,61) зі значеннями розрахованого згідно з ГСТУ потоку НП в атмосферу, а, отже, з інтенсивністю руху автотранспорту. Ця залежність не характерна для пр. Тракторобудівників, для якого, як показали дослідження, притаманне явище міського каньйону. Встановлено, що депонований снігом потік НП на різні сторони від однієї і тієї самої дороги значно відрізняється, що можна пояснити переважаючим напрямом вітру відносно дороги (підвітряна і навітряна сторони), а також іншими умовами розсіювання, що формуються в умовах міської забудови.

Встановлено, що зі збільшенням відстані від дороги зменшується величина та змінюється фракційний склад потоку НП, який досягає поверхні придорожного простору (рис. 1). Як видно, зниження частки умовно важких НП, депонованих сніговим покривом, відбувається значно швидше, ніж умовно легких, і на відстані 60 м від дороги вміст важких НП падає практично до нуля. А отже, емісія від дороги більш важких НП, що практично не окиснюються мікроорганізмами, охоплює найближчі придорожні території.

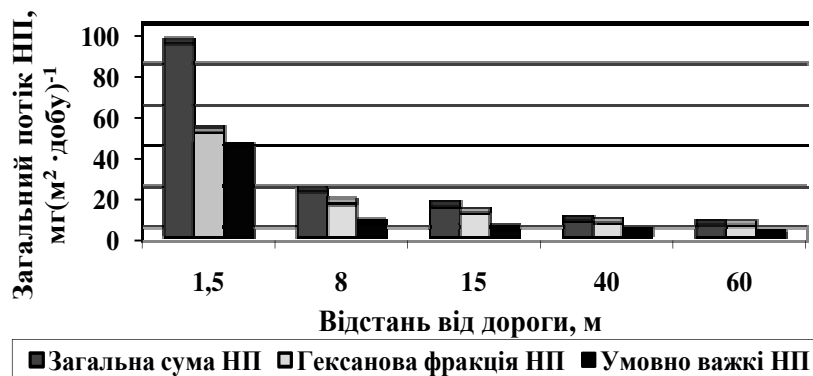
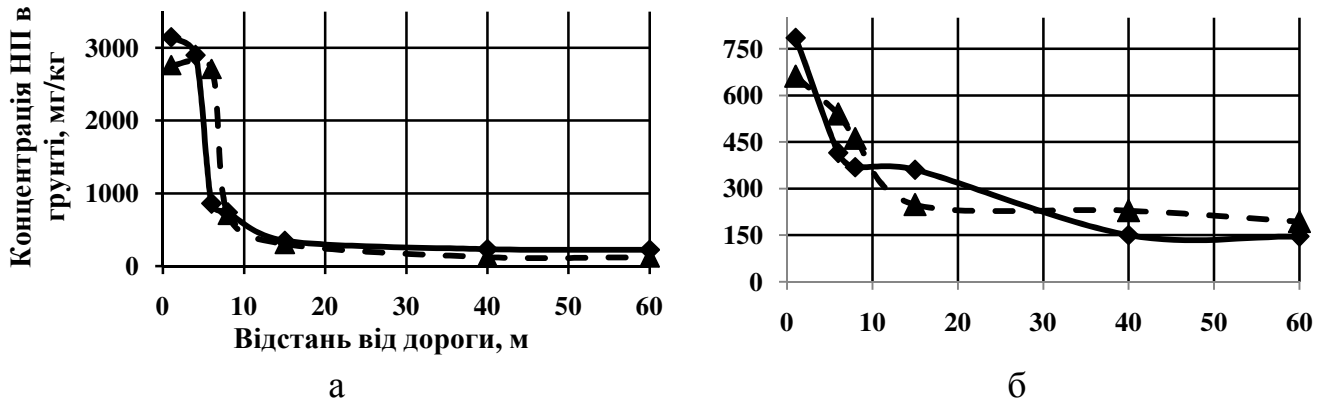


Рисунок 1 – Залежність величини та фракційного складу потоку НП, депонованого снігом, від відстані від дороги (вул. Ак. Павлова, навітряна сторона)

Згідно з результатами ліхеноіндикації ступінь екологічного ураження ділянки найближчого (1м) придорожного простору вул. Пушкінська становила ~ 89%, а на відстані 60 м від дороги - ~ 72%, що свідчить про достатньо високий рівень забруднення атмосфери навіть на віддалі від автодороги.

Для встановлення особливостей просторового розподілу НП аналізували проби ґрунтів, відібрані в поверхневому шарі (0,5 см) придорожного простору на різних відстанях від бровки досліджених автодоріг (рис. 2). Отримані експериментальні дані свідчать, що концентрація НП у досліджуваних ґрунтах корелює (коефіцієнт кореляції - 0,73) з інтенсивністю потоку НП, депонованого сніговим покривом. Встановлено, що викиди автотранспорту переважно забруднюють ґрунти, розташовані безпосередньо біля дороги, а на відстані від дороги (до 100 м) цей вплив значно зменшується. У ґрунтах найближчого придорожного простору (1 м) досліджуваних доріг концентрація НП в 5,5-24 разів перевищувала значення ОДК НП (200 мг/кг) для ґрунтів України.



—◆— - вул. Ак. Павлова; ---▲--- - пр. Тракторобудівників; а - навітряна, б- під-вітряна сторона

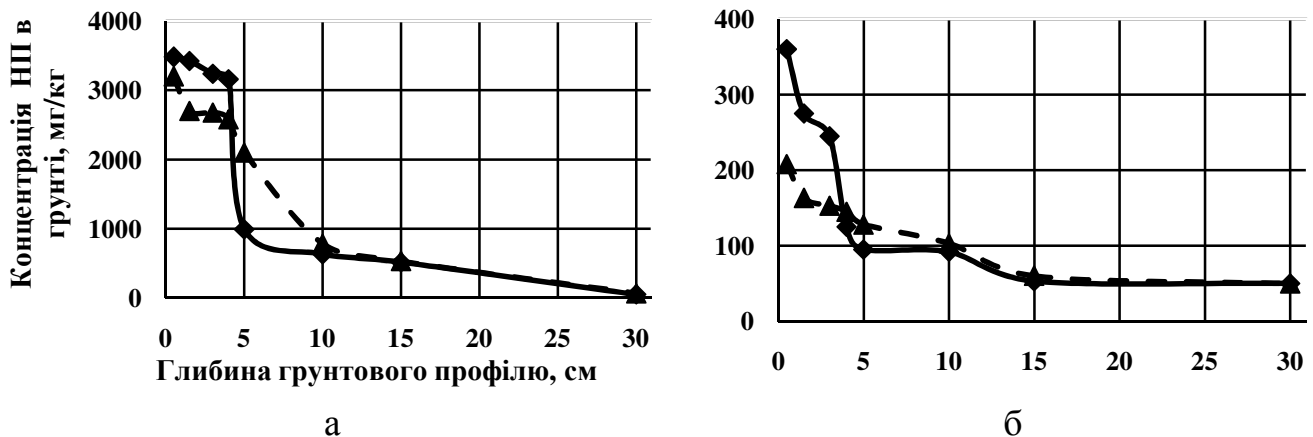
Рисунок 2 - Вплив відстані від дороги на концентрацію НП у поверхневому шарі ґрунту придорожнього простору

Інтенсивність забруднення НП ґрунтів у бровки дороги та динаміка зниження забруднення з відстанню з різних сторін дороги істотно відрізняються: на навітряній стороні, яка зазнає значно більшого навантаження забруднюючими речовинами, концентрація НП до 8 м від дороги знижується дуже повільно, а потім різко падає - на 93-96%; на підвітряній стороні концентрація з відстанню знижується практично рівномірно. Такі відмінності зумовлені, ймовірно, значним вмістом важких фракцій НП, що надходять на навітряну сторону дороги. Найбільші концентрації НП у ґрунтах характерні для придорожнього простору заміських доріг без бордюру та міських доріг з пошкодженим бордюром. Динаміка зниження концентрації НП у ґрунтах з відстанню від дороги для заміських автодоріг відрізняється від цієї характеристики для міських автодоріг: різке зниження концентрації НП (до 51%) спостерігається вже на відстані ~ 2 м від дороги, що, швидше за все, обумовлено інтенсивним забрудненням ґрунтів на цій відстані НП, що входять до складу змивів з доріг.

У ході експериментальної роботи досліджено вплив бордюру та деревної рослинності придорожньої смуги на поширення НП у придорожньому просторі. Встановлено, що при збільшенні висоти бордюру від 20 до 40 см концентрація НП у ґрунті найближчого придорожнього простору знижується майже в 2 рази (що також свідчить про дуже низьку висоту викиду). Цю залежність підтверджує і зниження концентрації НП, що уловлюються сніжним покривом. За відсутності бордюру (заміські дороги) спостерігаються надвисокі концентрації НП у ґрунтах у бровки дороги, що можна пояснити привнесенням НП (переважно більш важких фракцій) з дощовими змивами з дороги.

Дослідження ґрунтів придорожнього простору трьох ділянок вул. Шевченко з відносно аналогічними умовами розсіювання та техніко-експлуатаційними параметрами, але з різною деревною рослинністю в придорожній смузі дозволило встановити, що дерева з висотою прикріплення крони >1,5 м практично не екранують поширення НП у придорожньому просторі. Деревя з висотою прикріплення крони 0,1-0,2 м кардинально (~ до 80%) знижують концентрацію НП у ґрунті за деревами.

Експериментально встановлені особливості розподілу НП за глибиною (до 30 см) ґрунтового профілю на найближчих (1 м) і найбільш віддалених (60-100 м) від досліджуваних автодоріг ділянках придорожнього простору (рис. 3).



а - 1 м, б - 60-100 м від дороги; —◆— - вул. Ак. Павлова; - -▲- - пр. Тракторобудівників;

Рисунок 3 – Залежність розподілу НП у придорожніх ґрунтах (навітряна сторона автодоріг) від глибини ґрунтового профілю

Як видно, за глибиною ґрунтового шару концентрація НП у ґрунтах закономірно знижується та на глибині 30 см знаходиться в межах експериментально встановленої для Харківського регіону фонові концентрації - 50 мг/кг. Біля дороги та на віддалі динаміка зниження концентрації НП за глибиною ґрунтового шару істотно відрізняється: у найближчому придорожньому просторі до глибини ~ 5 см концентрація НП за ґрунтовым профілем знижується досить повільно, а потім різко падає; для віддалених від дороги ґрунтів характерне більш поступове зниження по всій глибині дослідженого профілю. Ймовірно, поблизу дороги, де конденсуються більш важкі НП, вони активно іммобілізуються ґрунтовими частинками та менше проникають в нижні шари ґрунту. На далекі відстані від дороги поширюються більш легкі НП, що активно дифундують з поверхні в більш глибокі ґрунтові шари.

Експериментально встановили динаміку накопичення НП у ґрунті найближчого придорожнього простору вул. Пушкінська (інтенсивність руху - 1120 авт./год.) (рис. 4), де також контролювали потік НП від автодороги в атмосферу; потік НП, депонований сніговим покривом; потік НП, акумульований в ґрунтовому шарі придорожнього простору.

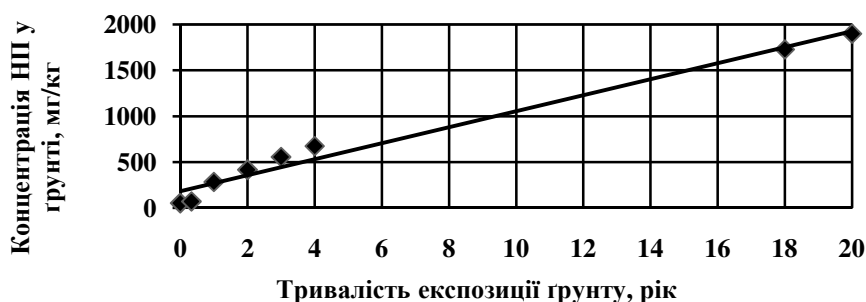


Рисунок 4 - Динаміка накопичення НП (без урахування фонові концентрації) в ґрунті найближчого придорожнього простору вул. Пушкінська

Як видно, концентрація НП у ґрунті придорожного простору в динаміці експлуатації автодороги стала збільшується, швидкість накопичення НП у ґрунті біля узбіччя в середньому становила $110 \text{ мг(кг}\cdot\text{рік)}^{-1}$. Встановлено, що приблизно половина НП, що досягають поверхні ґрунту, піддається подальшій трансформації: проникненню в глибші ґрунтові горизонти в ході фізико-хімічних процесів, а також біологічній деструкції ВВ ґрунтовими мікроорганізмами.

За даними концентрації НП на різних глибинах ґрунтового профілю, експериментально встановленій насипній щільності та періоду експозиції ґрунтів, розраховано загальний потік НП, що акумулюється досліджуваним шаром (до 30 см) придорожніх ґрунтів – A , $\text{мг(м}^2\cdot\text{добу)}^{-1}$ (формула 1).

$$A = \sum_{i=1} \frac{C_i \cdot V_{\text{г.}} \cdot d_{\text{н.щ.}}}{T_{\text{експл.}}}, \quad (1)$$

де C_i - концентрація НП в i -му шарі ґрунту за глибиною ґрунтового профілю, мг/г ; $V_{\text{г.}}$ - обсяг ґрунту під 1 м^2 ґрунту за глибиною ґрунтового профілю, см^3 ; $d_{\text{н.щ.}}$ - насипна щільність досліджуваного ґрунту, $1,4 \text{ г/см}^3$; $T_{\text{експл.}}$ - період експлуатації автодороги, доба.

Експериментальні дані дозволили розрахувати кількісні показники перенесення НП від дороги в придорожній простір за такими стадіями: викид НП в атмосферу; потік НП, що досягає поверхні ґрунту; потік НП, що акумулюється в придорожному ґрунті (табл. 1).

Таблиця 1. - Перенесення НП від автодороги в придорожній простір (навітряна сторона) досліджуваних автодоріг

Автодорога	Відстань від дороги, м	Потік НП в атмосферу, $\text{мг(м}^2 \text{добу)}^{-1}$	Потік НП, що досягає поверхні ґрунту (гексанова фракція)		Потік НП, що акумулюється в ґрунтовому шарі (до 30 см)	
			$\text{мг(м}^2 \text{добу)}^{-1}$	частка від потоку НП в атмосферу, %	$\text{мг(м}^2 \text{добу)}^{-1}$	частка від потоку НП, що досягає ґрунту, %
Вул. Ак. Павлова	1	241,5	25,5	10,6	19,8	77,6
	60		2,9	1,2	2,4	84,2
Вул. Пушкінська	1	80,5	10	12,4	8,1	81,0
	60		0,8	0,9	0,5	66,6

При цьому враховували, що сніговий покрив удвічі ефективніший в депонуванні НП, які надходять в атмосферу, ніж дощові опади. Як видно, потік НП, що акумулюється в шарі ґрунту до 30 см, практично однаковий поблизу дороги та на відстані 60 м від неї та становить 75-79% від потоку НП, що досягає поверхні ґрунту. Інша частина (близько 20%) потоку НП, що досягає поверхні придорожніх ґрунтів, вірогідно, випаровується та зазнає фізико-хімічних і мікробіологічних перетворень у ґрунті.

Експериментально встановлені екологічно значущі показники ґрунтів придорожного простору - рН, вміст органічного вуглецю та основних ґрунтоутворювальних елементів (Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn) - характеризують досліджувані ґрунти як урбаноземи. Встановлено, що з відстанню від дороги в поверхневому шарі (0,5 см) досліджуваних ґрунтів збільшується вміст органічного вуглецю (з 2 до 6%), Mg (з 0,2 до 0,7%), Al (з 2,2 до 5,1%), P (з 0,1 до 0,2%), K (з 1,2 до 2,1%), Ca (з 1,4 до 2,8%), Ti (з 0,2 до 0,4%), Mn (з 0,03 до 0,07%), Fe (з 1,2 до 3%), а концентрація Si зменшується (з 41 до 33 %). Такі показники свідчать про наявність процесів вилуговування ґрунтів, що розташовані безпосередньо біля автодороги.

У **четвертому розділі** наведені експериментальні дані з ідентифікації та фракціонування НП, що забруднюють придорожній простір досліджуваних автодоріг. Ідентифіковано та кількісно визначено склад ЛОС у ВГ карбюраторного ДВЗ та у викидах автотранспорту в атмосферу придорожного простору. Встановлено, що найбільшу частину викидів ЛОС становлять аліфатичні сполуки (до 75%). Ароматичні ВВ, головним чином, представлені бензолом і його найближчими гомологами (толуолом, етилбензол та ізомерами ксилолу), серед яких кількісно переважають толуол і ксилоли (токсичні речовини 2-го класу небезпеки для повітряного середовища), що кореспондується з даними зарубіжних фахівців.

Експериментально встановлено, що порівняно з даними аналізу ВГ ДВЗ у лабораторному експерименті викиди НП в атмосферу найближчого придорожного простору вул. Ак. Павлова містять більш високі (на 19%) концентрації аліфатичних ВВ і нижчі - ароматичних. В атмосфері поблизу дороги концентрація бензолу вища в 1,7-15,3 раза, ніж у ВГ ДВЗ, що, вірогідно, пов'язано з привнесенням цього полутанта автотранспортом, який працює на дизельному паливі. Це припущення підтверджується також тим, що аліфатичні сполуки в атмосфері придорожного простору представлені більш довголанцюговими ВВ, ніж у ВГ карбюраторного ДВЗ.

Серед сполук, які входять до складу НП, забруднюючих ґрунти придорожного простору, методом тонкошарової хроматографії ідентифіковано монокарбонові кислоти (гептанову, ундеканову, стеаринову), що свідчить про монотермінальний шлях мікробної деструкції НП. У ґрунтах придорожного простору вул. Блюхера ідентифіковані монокарбонова кислота з більш довгим ланцюгом та важкоокиснювані нафтеніві й ароматичні сполуки, які відсутні в придорожніх ґрунтах вул. Пушкінська, що, ймовірно, обумовлено відмінностями в кількості автомобілів з дизельними ДВЗ у транспортному потоці.

Ідентифіковані методом ГРХ аліфатичні та ароматичні ВВ (табл. 2, 3, 4), в НП, які забруднюють досліджувані ґрунти, свідчать про те, що їх основна частина представлена граничними ВВ (алканами) (56-97%), як і в ВГ ДВЗ. У досліджуваних придорожніх ґрунтах вдалось ідентифікувати як умовно легкі ВВ ($C \leq 15$), так і більш довголанцюгові алкани – умовно середні ($C_{16}-C_{27}$) та умовно важкі ($C \geq 28$) (табл. 2). Як видно, у ґрунтах, безпосередньо прилеглих (1 м) до вул. Пушкінська, легкі алкани з $C < 22$ не виявлені (що зумовлено, напевно, їх розсіюванням), переважають ал-

кани з C_{22} - C_{30} , а важкі алкани з $C > 30$ подані в менших концентраціях. Концентрація ідентифікованих алканів зі збільшенням відстані від автодороги стійко знижується. Згідно з експериментальними даними щодо досліджених доріг довголанцюгові ($C \geq 28$) граничні ВВ були виявлені як поблизу автодороги (1 м), так і на відстані (до 100 м), при цьому з відстанню від дороги їх частка знижувалася. У ґрунтах найближчого (1 м) придорожного простору заміської автодороги (М18) концентрація умовно важких алканів практично на порядок перевищувала цей показник у ґрунтах поблизу міських автодоріг, що пояснюється відсутністю бордюру. Середні та важкі алкани - C_{23} - C_{35} - в ґрунтах уже на відстані 8 м від заміської дороги практично не виявлялися. Дані, отримані при ідентифікації алканів методом ГРХ-МС і ГРХ-ПД, кореспондувалися.

Таблиця 2 - Концентрація алканів, які забруднюють поверхневий шар (0,5 см) придорожніх ґрунтів вул. Пушкінська (навітряна сторона)

Алкани	Концентрація в ґрунті (мг/кг) на відстані від дороги, м:		
	1	15	40
C10	-	5,2	1,7
C11	-	21,8	9,8
C12	-	-	1,2
C13	-	-	-
C14	-	-	-
C15	-	1,1	0,8
C16	-	5,9	4,1
C17	-	4,0	5,2
C18	-	7,2	13,3
C19	-	4,8	5,7
C20	-	4,1	8,5
C21	-	4,1	23,4
C22	162,2	8,6	34,5
C23	12,7	13,5	12,4
C24	22,0	17,2	8,9
C25	51,5	21,1	13,5
C26	66,3	23,6	10,3
C27	85,4	27,4	12,4
C28	90,9	26,2	5,8
C29	95,7	34,8	11,8
C30	80,1	25,5	2,9
C31	76,1	35,6	16,6
C32	52,1	15,9	-
C33	47,2	15,5	-
C34	20,7	8,5	4,3
C35	4,8	4,4	4,6
C36	10,6	-	-
C37	11,9	2,1	1,9
Всього ідентифікованих	890,2	338,1	213,6

Таблиця 3 - Склад НП, які забруднюють ґрунти придорожнього простору досліджуваних автодоріг

Автодорога	Відстань від дороги, м	Вміст НП, мг/кг	Вміст алканів		Вміст ароматичних ВВ		Вміст ПАВ	
			мг/кг	в НП, %	мг/кг	в НП, %	мг/кг	в НП, %
Пр. Тракторобудівників	1**	268,0	238,0	88,8	30,0	11,2,	1,7	0,6
	60**	197,0	192,0	97,5	5,0	2,5	0,9	0,5
Вул. Пушкінська	1*	1185,0	1057,0	89,2	128,0	10,8	7,8	0,7
	15*	453,0	431,0	95,1	22,0	4,9	3,8	0,8
	40*	312,0	309,0	99,0	3,0	1,0	2,0	0,6
М18 «Харків-Сімферополь-Алушта-Ялта»	1*	3798,0	2144,0	56,5	1654,0	43,5	137,3	3,6

* - навітряна сторона, ** - підвітряна сторона дороги

Таблиця 4 - Концентрація ПАВ у НП, які забруднюють ґрунти придорожнього простору

Автодорога	Відстань, м	Глибина, см	Концентрація ПАВ, мг/кг							
			Нафталін	Аценафтилен	Аценафтен	Фенантрен	Пірен	Флуорантен	Бензо(а)-антрацен	Хризен
Пр. Тракторобудівників	1*	10	-	-	-	1,068	1,622	2,970	0,85	0,668
	1*	15	-	-	-	0,095	0,156	0,294	-	0,050
	6*	0,5	-	-	-	0,616	0,590	0,872	0,176	0,153
	1**	0,5	-	-	-	0,786	0,256	0,503	0,058	0,08
	60**	0,5	-	-	-	0,393	0,140	0,287	-	0,078
Вул. Пушкінська	1*	0,5	-	-	-	2,493	1,427	2,436	0,659	0,757
	15*	0,5	-	0,106	0,185	1,763	0,512	0,85	0,188	0,203
	40*	0,5	0,109	-	-	1,345	0,183	0,406	-	-
М18 «Харків-Сімферополь-Алушта-Ялта»	1*	0,5	-	10,547	-	13,699	25,865	43,372	19,841	23,96
	1**	0,5	-	-	-	4,904	4,072	7,375	2,096	1,994

«-» - те саме, що і в табл. 2; *, ** - те саме, що і в табл. 3.

Ідентифіковані ПАВ (табл. 4) подані в незначних кількостях (0,11-3,61% від загальної концентрації НП у ґрунтах), проте вони належать до надзвичайно екологічно небезпечних сполук (1-го класу небезпеки згідно з нормативами Білорусії), концентрація яких у ґрунтах в Україні, на жаль, не нормується. Якщо орієнтуватися на ГДК суми ПАВ (1 мг/кг), затверджену для ґрунтів в Білорусії, то їх наднормативний вміст (~ 2-137 ГДК) встановлено практично в усіх зразках досліджуваних ґрунтів. У складі НП, що забруднюють ґрунти придорожного простору досліджуваних автодоріг, ідентифіковані окремі ПАВ з C_{12} - C_{18} (табл. 3), серед яких найвищі концентрації мали ВВ 1-го та 2-го класів небезпеки (для ґрунту) - фенантрен ($C_{14}H_{10}$) і флуорантен ($C_{16}H_{10}$) (57% і 39% відповідно). Згідно з нормативами ОДК у Білорусії, встановленими для окремих ПАВ 1-го і 2-го класів небезпеки (нафталіну, фенантрени, флуорантену, бензо(а)антрацену та хризену), у всіх досліджуваних зразках ґрунтів спостерігалось перевищення: поблизу (до 6 м) міських автодоріг - ~ 3-249 ОДК, а для заміської дороги - ~ 100-2892 ОДК.

Встановлено, що концентрація ПАВ корелювала із загальним вмістом НП у ґрунтах, особливо із вмістом їх важких фракцій, а отже, з відстанню стабільно знижувалася. Порівнюючи дані рис. 1 і рис. 2 з даними табл. 3, можна зробити висновок, що динаміка зниження вмісту ароматичних ВВ за відстанню від дороги кореспондується з динамікою зниження концентрації НП, але значно більш тісно корелює зі зниженням концентрації важких фракцій у потоці НП, що депонується снігом. Частка ПАВ у НП ґрунтів поблизу заміської дороги в 3-10 разів перевищувала цей показник для міських автодоріг. Це, ймовірно, обумовлено привнесенням у придорожні ґрунти заміських автодоріг НП (якісно іншого складу) з дорожніми змивами та викидами автотранспорту, що працює на дизельному паливі, частка якого в транспортному потоці за містом значно вище, ніж на міських автодорогах.

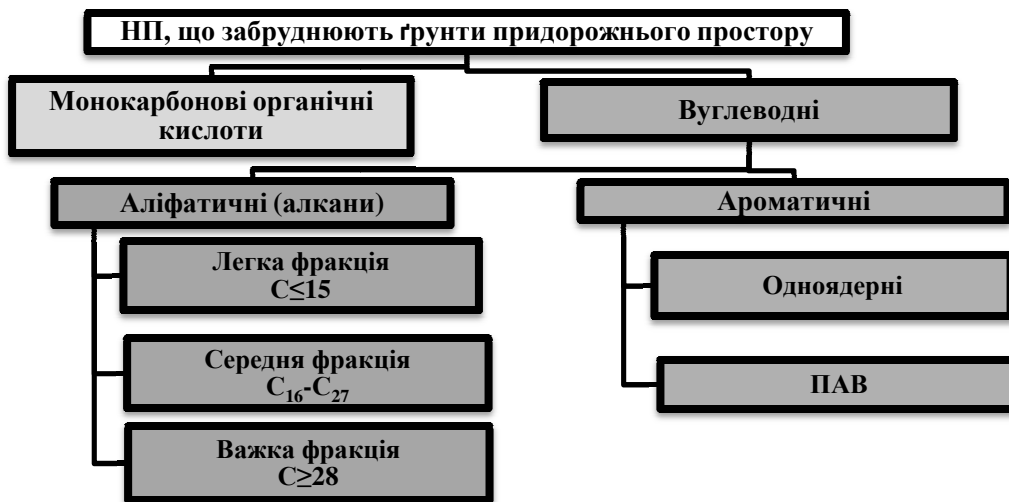
Для відзначення найбільш екологічно небезпечних впливів виявлені компоненти НП, екстрагованих зі снігу та ґрунтів придорожного простору, розділили на фракції, ґрунтуючись на їх хімічних, фізичних і токсикологічних властивостях. Перший варіант фракціонування (на підставі даних роздільного екстрагування НП гексаном і хлороформом із талої води снігового покриву) розглянуто в 3-му розділі. Він показав, що екологічно небезпечна фракція НП, концентрована за довголанцюговими алканами, ароматичними ВВ і полярними органічними сполуками, поширюється на відстань ~ не більше 15 м від дороги. Друга схема фракціонування стосувалась тільки алканів, вміст яких виявляли ГРХ. Алкани, що входять до складу НП у придорожніх ґрунтах, фракціонували згідно з числом атомів вуглецю: умовно легка фракція - C_{10} - C_{15} , умовно середня фракція - C_{16} - C_{27} , умовно важка фракція - $C \geq 28$.

За результатами фракціонування встановлено, що зі збільшенням відстані від міських доріг (з бордюром) концентрація НП у ґрунтах зменшується, а частка умовно легкої та умовно середньої фракцій алканів у НП має тенденцію до збільшення. В динаміці частки умовно важкої фракції в НП спостерігається зниження. За глиби-

ною ґрунтового профілю частка умовно важкої фракції зменшується, а частка умовно легкої та умовно середньої зростає.

Ці дані свідчать про те, що найбільш екологічно небезпечні важкі фракції алканів накопичуються у верхньому шарі ґрунтів найближчого придорожного простору. В придорожніх ґрунтах заміської автодороги (без бордюру) з відстанню різко зростає частка умовно легкої та умовно середньої фракцій алканів, а частка умовно важкої фракції різко знижується. Отримані дані свідчать про істотні відмінності в умовах розсіювання на обстежених ділянках міських і заміських автодоріг, а також про вплив бризкоунесення та поверхневого стоку з автодоріг на забруднення НП ґрунтів придорожного простору.

Підсумовуючи дані ідентифікацій і двох варіантів фракціонування, склад виявлених компонентів НП, які забруднюють придорожній простір, можна подати у вигляді схеми (рис. 5).



□ – - продукти окиснення ВВ ВГ, ■ – ВВ ВГ

Рисунок 5 - Фракції, виявлені в НП, які забруднюють придорожній простір

У п'ятому розділі наведені результати регресійного аналізу експериментальних даних, спрямованого на побудову рівнянь регресії, що дозволяють встановити залежності інтенсивності забруднення придорожніх ґрунтів НП від показників експлуатації автодороги, параметрів міської забудови та придорожного простору й кліматичних умов, а саме: 1) інтенсивності руху автотранспорту та відстані від дороги (формули 2 і 3, рис. 6); 2) інтенсивності руху автотранспорту, глибини ґрунтового профілю та відстані від дороги (формула 4); 3) терміну експлуатації автодороги (формула 5); 4) інтенсивності руху автотранспорту та висоти бордюру (формула 6); 5) інтенсивності руху автотранспорту, відстані від дороги та напрямку вітру (формула 7); 6) особливостей розподілу фракцій НП у ґрунтах з урахуванням інтенсивності руху автотранспорту, відстані від дороги та напрямку вітру (формула 8); 7) рівності покриття проїзної частини, поздовжнього ухилу дороги, режиму руху та швидкості транспортного потоку, терміну експлуатації автомобіля (введений мультиплікативний коефіцієнт К).

$$y_1 = K(-1237.3 + 4.246x_1 - 40.038x_2 - 0.005x_1x_2 - 0.001x_1^2 + 0.348x_2^2), \quad (2)$$

$$y_2 = K(-12.883 + 0.022x_1 + 0.199x_2 - 0.0004x_1x_2), \quad (3)$$

$$y_3 = K(-4.657 + 1.428x_1 - 6.823x_2 - 27.324x_3 - 0.03x_1x_3 - 0.017x_1x_2 + 1.154x_2x_3), \quad (4)$$

$$y_1 = K(127.11 + 89.29x_4 - 50x_5 - 3.737e - 0.14x_4x_5), \quad (5)$$

$$y_1 = K(3332.4 + 3.819x_1 - 907.76x_6 + 0.213x_1x_6), \quad (6)$$

$$y_1 = K(1912.9 - 0.247x_1 - 22.621x_2 - 1295.8x_7 + 0.002x_1x_2 + 0.163x_1x_7 + 14.78x_2x_7), \quad (7)$$

$$y_1 = K(53.002 - 0.003x_1 + 4.104x_2 + 1.825x_7 - 6.004x_8 - 4.733e - 0.18x_1x_2 + 1.583e - 0.18x_1x_7 + 0.005x_1x_8 + 2.563e - 0.15x_2x_7 - 8.207x_2x_8 - 3.65x_7x_8), \quad (8)$$

де y_1 – концентрація НП у поверхневому шарі (0,5 см) ґрунту придорожного простору, мг/кг;

y_2 – потік НП на ґрунти придорожного простору, $\text{мг}(\text{м}^2 \cdot \text{добу})^{-1}$;

y_3 – концентрація НП у ґрунті придорожного простору на дослідженій глибині ґрунтового профілю, мг/кг;

x_1 – інтенсивність руху автотранспорту, авт./год.;

x_2 – відстань від бровки дороги, м;

x_3 - глибина ґрунтового профілю, см;

x_4 - термін експлуатації автодороги, рік;

x_5 - параметр, що описує врахування чи неврахування фонові концентрації НП, характерної для досліджуваних ґрунтів (0 або 1 відповідно);

x_6 - висота бордюру, см;

x_7 - критерій, що враховує переважний напрямок вітру - навітряну (0) або підвітряну (1) сторони дороги;

x_8 - критерій, що враховує умовно легку фракцію НП (0) або умовно важку фракцію НП (1).

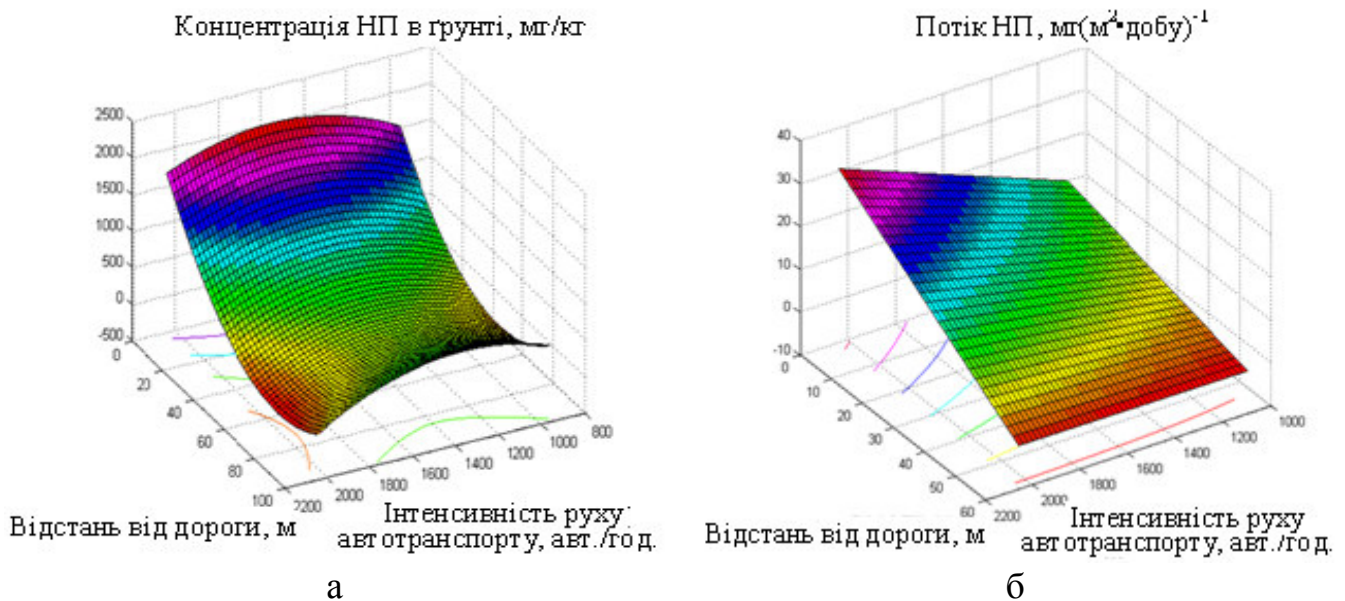


Рисунок 6 - Поверхня відгуку, що визначає взаємозв'язок концентрації НП у поверхневому шарі ґрунту (а) і потоку НП від автодороги на придорожні ґрунти (б) з інтенсивністю руху та відстанню від дороги

На підставі одержаних експериментальних залежностей розроблено та передано державному науково-дослідному інституту ім. М.П. Шульгіна практичні рекомендації для прогнозного інженерного розрахунку на додаток до існуючих нормативних документів (ГСТУ 218-02071168-096-2003, М 218-02070915-254-2004) з екологічних вишукувань при проектуванні автодоріг:

- швидкості накопичення НП у поверхневому шарі (0,5 см) ґрунту придорожного простору на різних відстанях від автодоріг з різною інтенсивністю руху автотранспорту (формули 9 і 10);
- відстані від автодороги, на якій забруднення НП ґрунтів придорожного простору через 20 річний термін експлуатації автодороги відповідає екологічно безпечному рівню - 200 мг/кг (формули 11 і 12).

$$y_{4 \text{ нав}} = K(36.8149 + 0.0347x_1 - 0.4241x_2 - 0.0004x_1x_2), \quad (9)$$

$$y_{4 \text{ підв}} = K(13.628 + 0.007x_1 - 0.136x_2 - 8.04e^{-0.5x_1x_2}), \quad (10)$$

$$L_{\text{ЕБ1}} = \frac{K(36.81492 + 0.03473x_1) - 10}{K(0.42412 + 0.00038x_1)}, \quad (11)$$

$$L_{\text{ЕБ2}} = \frac{K(13.62837 + 0.00710x_1) - 10}{K(0.13619 + 8.04013e^{-0.5x_1})}, \quad (12)$$

де $y_{4\text{-нав}}$, $y_{4\text{-підв}}$ – швидкість накопичення НП у поверхневому шарі придорожніх ґрунтів навітряної та підвітряної сторін дороги відповідно, $\text{мг}(\text{кг}\cdot\text{рік})^{-1}$;

$L_{\text{ЕБ1}}$, $L_{\text{ЕБ2}}$ - відстань від дороги, якій відповідає екологічно безпечний рівень забруднення НП ґрунтів придорожного простору - навітряної та підвітряної сторін відповідно - через 20 річний період експлуатації автодороги.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволили встановити основні показники техногенного забруднення ґрунтів придорожного простору нафтопродуктами та його відповідність вимогам екологічної безпеки природних екосистем. У ході досліджень отримані такі результати:

1. Виконаний аналіз проблеми інгредієнтного забруднення придорожного простору автодоріг показав, що найвищу кратність перевищення ГДК серед речовин, які забруднюють ґрунти, мають НП, серед яких найбільш екологічно небезпечними є ПАВ. Але кількісні характеристики перенесення НП у ґрунти придорожного простору не визначені. До того ж, в Україні вміст НП в ґрунтах нормується лише за ОДК, а вміст ПАВ взагалі не нормується.
2. Застосування сучасного аналітичного обладнання, в тому числі хроматографічної техніки новітнього покоління, дозволило встановити особливості поширення НП та їх окремих фракцій у придорожному просторі 6 міських та 3 заміських автодоріг з урахуванням їх технічних параметрів та експлуатаційних характеристик транспортного потоку.
3. Встановлені кількісні показники перенесення НП від автодороги в ґрунти придорожного простору: потік НП в атмосферу; потік НП, що досягає поверхні ґрун-

ту, та потік НП, що акумулюється в ґрунтовому шарі. Визначено, що в ґрунтах придорожного простору накопичується до 80% НП, які надходять на їх поверхню, а близько 20% НП піддаються випаровуванню, фізико-хімічними та мікробіологічними перетворенням у ґрунті.

4. Експериментально встановлено, що з відстанню від дороги та з глибиною ґрунтового профілю концентрація НП знижується, досягаючи в окремих випадках (60-100 м від дороги) екологічно безпечного рівня (ОДК - 200 мг/кг). Концентрація НП у ґрунтах поблизу (1м) досліджуваних автодоріг в 3-24 разів перевищує значення ОДК. Швидкість накопичення НП у поверхневому шарі ґрунтів найближчого придорожного простору автодороги (з інтенсивністю руху 1120 авт./год.) - $\sim 110 \text{ мг(кг}\cdot\text{рік)}^{-1}$.
5. Експериментально встановлені екологічно важливі показники досліджуваних ґрунтів (концентрація органічного вуглецю, валовий склад неорганічних елементів, рН) свідчать про процеси вилуговування ґрунтів найближчого придорожного простору та накопичення в них техногенних органічних забруднень - НП.
6. Експериментально доведено, що поширення НП по придорожному простору затримують чагарникова та деревна рослинність (висота прикріплення крони - 0,1-0,2 м) - до 80%, а також бордюри - до 50% (висота 40 см).
7. У викидах ВГ автомобілів більшу частину ЛОС як у лабораторних, так і в натурних умовах становлять аліфатичні сполуки (56-75%). Серед ароматичних ВВ ідентифіковані сполуки 1-го і 2-го класу небезпеки: бензол, толуол, ксилоли.
8. У ґрунтах придорожного простору ідентифіковані як компоненти ВГ автомобілів (аліфатичні та ароматичні ВВ), так і продукти їх монотермінального окиснення (довголанцюгові монокарбонів насичені кислоти). Серед них найбільшу екологічну небезпеку становлять ПАВ (1 клас небезпеки), кратність перевищення загального вмісту яких у досліджуваних ґрунтах становить 2-137 ГДК (згідно з нормативами Білорусії). ПАВ та алкани умовно важкої ($C \geq 28$) фракції НП накопичуються, головним чином, у поверхневому шарі ґрунтів найближчого (до 15 м) до автодороги придорожного простору.
9. На основі виконаних досліджень побудовані регресійні рівняння, що встановлюють залежність забруднення ґрунтів придорожного простору НП від відстані від дороги, глибини ґрунтового профілю, показників експлуатації та технічних характеристик автодороги, напрямку вітру, а також розподілу окремих фракцій НП. Розроблено та передано галузевому НДІ рекомендації з проведення прогностичного інженерного розрахунку забруднення ґрунтів придорожного простору НП, необхідні для екологічних вишукувань при проектуванні автомобільних доріг.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

Статті у фахових виданнях

1. Юрченко В. А. Исследование влияния автомобильной дороги на экосистемы придорожного пространства / В. А. Юрченко, Л. С. Михайлова, М.В. Беспалова //

Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сборник научных трудов. - Харьков, 2008. – Вып.43. - С. 29-32.

Особистий внесок автора: експериментальні дослідження забруднення ґрунтів НП гравіметричним методом, ліхеноіндикація.

2. Юрченко В. А. «Самоочищение» почв придорожного пространства от нефтепродуктов / В. А. Юрченко, Е. В. Бригада, Л. С. Михайлова // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2009. - Вип.52. - С. 394-398.

Особистий внесок автора: експериментальне визначення концентрації НП в ґрунтах та ідентифікація НП методом тонкошарової хроматографії.

3. Yurchenko V. Detoxication of petrochemicals in soil ecosystems of roadside area / V. Yurchenko, Ye. Voronova, L. Mykhailova // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сборник научных трудов. - Харьков, 2010. – Вып. 48.– С. 41-44.

Особистий внесок автора: ідентифікація НП в ґрунтах придорожного простору методом тонкошарової та газорідної хроматографії.

4. Юрченко В. О. Екологічна небезпека емісії нафтопродуктів при експлуатації автомобільних доріг / В. О. Юрченко, О. В. Бригада, Л. С. Михайлова, В. К. Вирожемський, М. В. Коротченко // Дороги і мости: збірник наукових праць. – К.: ДП «ДерждорНДІ». - 2011. – Вип. 13. – С. 139-142.

Особистий внесок автора: визначення потоку НП від автодороги в атмосферу та потоку НП, що депонуються сніговим покривом.

5. Юрченко В. А. Особенности техногенного загрязнения придорожного пространства нефтепродуктами / В.А. Юрченко, Л.С. Михайлова // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА. ХОТВ АБУ. - 2012. - Вип. 69. – С. 404-407.

Особистий внесок автора: експериментальне дослідження просторового та профільного забруднення НП і динаміки накопичення НП в ґрунтах придорожного простору.

6. Юрченко В.О. Дослідження технологічних характеристик поверхневого стоку з автомобільних доріг / В. О. Юрченко, М.В. Коротченко, О. В. Бригада, Л.С. Михайлова // Науково-виробничий журнал «Автошляховик України». - К. - 2012. - Вип. 4 (228) - С. 44-47.

Особистий внесок автора: експериментальне дослідження вмісту НП у поверхневому стоці з автомобільних доріг.

7. Юрченко В.А. Загрязнение нефтепродуктами почв в зоне аэропортов и почв придорожного пространства / В.А. Юрченко, Л.С. Михайлова // Проблемы развития міського середовища: наук.-техн. збірник. - К.: НАУ. - 2013. -Вип.9 - С. 227-232.

Особистий внесок автора: експериментальне визначення кількісних характеристик розповсюдження НП по поверхні придорожного простору й глибині ґрунтового профілю.

8. Юрченко В. А. Защита природных экосистем от загрязнения ливневыми стоками с мостовых сооружений на водотоках / В. А. Юрченко, Л. С. Михайлова, М. В. Ячник // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - К.: Національний транспортний університет. - 2013. – Вип. 87. - С. 122-126.

Особистий внесок автора: експериментальне визначення вмісту завислих речовин і НП у змивах з дорожнього полотна мостових споруд.

Статті в наукометричних базах даних

9. Mykhailova L. Distribution and fractional composition of petroleum hydrocarbons in roadside soils /Larysa Mykhailova, Thomas Fischer, Valentina Iurchenko// Applied and Environmental Soil Science. Article ID938703 [електронна версія]. - 2013. - 6 pages.

Особистий внесок автора: ідентифікація та фракціонування НП в викидах автотранспорту та в придорожніх ґрунтах методом ГЖХ.

Статті в інших збірниках

10. Михайлова Л.С. Детоксикация нефтепродуктов в почвенных экосистемах придорожного пространства / Л. С. Михайлова, В. А. Юрченко // Материали за 5-а міжнарод. практ. конф. «Образование и наука на 21 век» / под. ред. Милко Тодоров Петков. - Том 10. Екологія. Селско стопанство. Ветеринарна наука. - София: «Бял ГРАД-БГ» ООД. - 2009. - С. 17-19.

Особистий внесок автора: ідентифікація НП в ґрунтах придорожного простору методом тонкошарової хроматографії.

11. Михайлова Л.С. Влияние эксплуатации автомобильных дорог, отличающихся составом транспортного потока, на загрязнение придорожного пространства нефтепродуктами / Л.С. Михайлова, В.А. Юрченко // Эффективные материалы, технологии, машины и оборудование для строительства и эксплуатации современных транспортных сооружений: сб. докл. Международной науч.-практ. конф., Белгород, 3-4 декабря 2009 г. / БГТУ. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009.- С. 255-260.

Особистий внесок автора: визначення потоку НП, що досягають поверхні ґрунтів, концентрації НП в ґрунтах придорожного простору.

12. Юрченко В. О. Вплив автомобільної дороги на стан екосистем придорожного простору / В. О. Юрченко, Л. С. Михайлова // Людина та довкілля. Проблеми неоекології: науковий журнал Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна / под ред. д-ра геогр. наук, проф. Некос В.Ю., Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна - Харків. - 2010. - № 2(15). - С. 63-67.

Особистий внесок автора: експериментальне визначення концентрації НП у придорожніх ґрунтах, розрахунок концентрації CO₂ в атмосфері.

13. Юрченко В.А. Влияние состава транспортного потока на состояние экосистем придорожного пространства в г. Харькове / В.А. Юрченко, Л.С. Михайлова // Экологическая и техногенная безопасность. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов / Сборник научных трудов XVIII (ежегодной) меж-

- дународной научно-технической конференции / под ред. В.Ф.Костенко, А.И. Абрамовича, Бердянск, 7-11 июня 2010 г., Харьков, УкрВОДГЕО.-2010.-С.373-382.
Особистий внесок автора: експериментальне визначення кількісних та якісних показників емісії НП в ґрунті придорожного простору автодоріг з різним складом транспортного потоку.
14. Mykhailova L. Environmental safety of roadside area soils in conditions of technogenic petrochemicals contamination / L Mykhailova, V. Yurchenko, Ye. Voronova // Integration processes and innovative technologies. Achievements and prospects of engineering sciences: collection of scientific works, Kharkiv national automobile and highway university. - Kharkiv: Responsible for issue - Pervashova O.V. - 2011.- Вип. №1. - P. 118-122.
Особистий внесок автора: визначення концентрації НП у ґрунтах придорожного простору гравіметричним та ГРХ-ПД методами.
15. Yurchenko V. Impact of highway on soils ecosystems of the roadside area / V. Yurchenko, L. Mykhailova // Transbaltica 2011: proceedings of the 7th International Scientific Conference. May 5-6, 2011. Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania. Compiled by D. Bazaras. Vilnius: Technika. - 2011. - P. 236-239.
Особистий внесок автора: експериментальне дослідження особливостей просторового та профільного розповсюдження НП у ґрунтах.
16. Юрченко В. А. Загрязнение нефтепродуктами почв придорожного пространства в г. Харькове / В. А. Юрченко, Л. С. Михайлова, М. В. Коротченко // Экология – образование, наука, промышленность и здоровье: сб. докладов 4-й Международной научно-практической конференции. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011. – Ч.1. - С. 355 - 359.
Особистий внесок автора: експериментальне визначення особливостей розповсюдження та накопичення НП в придорожніх ґрунтах.
17. Михайлова Л. С. Экспериментальная оценка эмиссии нефтепродуктов, создаваемой автомобильной дорогой / Л. С. Михайлова, В. А. Юрченко // Екологічний інтелект: матеріали доповідей 7 міжнар. 18-ї традиційної наук.-практ. конф., 24-25 квітня 2012 р. / за техн. ред. Яришкіної Л.О., Арламової Н.Т., Сороки М.Л. – Дніськ: Дніпроп. Нац. Ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2012 – С. 32-34.
Особистий внесок автора: експериментальне визначення потоку НП, що депонуються сніговим покривом, динаміки накопичення НП в ґрунтах.
18. Юрченко В.А. Особенности распределения нефтепродуктов в почвах придорожного пространства / В. А. Юрченко, Л. С. Михайлова // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 200-й годовщине победы России в Отечественной войне 1812 г., 26-28 апреля 2012 г. - Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета. - 2012. - Т. 4. - С. 217-222.

Особистий внесок автора: встановлення особливостей масоперенесення НП від автодороги в ґрунти придорожнього простору.

19. Михайлова Л. С. Массоперенос нефтепродуктов от автомобильных дорог на почвы придорожного пространства / Л. С. Михайлова, В. А. Юрченко // Экологическая и техногенная безопасность. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов / Сб. науч. тр. XX (ежегодной) междунар. науч.-техн. конф. / под ред. В. Ф. Костенко, Д. Н. Почепецкого, Бердянск, 11-15 июня 2012 г., Харьков, УкрВОДГЕО. - 2012. - С. 500-506.

Особистий внесок автора: експериментальне визначення кількісних показників потоку НП в атмосферу та потоку НП, депонованих снігом.

20. Ткаченко Ю. А. Особенности распространения нефтепродуктов, депонируемых в придорожном пространстве / Ю.А. Ткаченко, Л. С. Михайлова, В. А. Юрченко // Эколого-правовые и экономические аспекты экологической безопасности регионов: материалы VII междунар. науч.-практ. конф. при участии молодых ученых, 17-19 октября 2012 г. – Харьков : ХНАДУ, 2012. - С. 166-168.

Особистий внесок автора: експериментальне визначення потоку НП, депонованих сніговим покривом, та потоку НП, що акумулюються в ґрунті.

21. Юрченко В. А. Количественные показатели распространения нефтепродуктов в почвенной среде придорожного пространства / В. А. Юрченко, Л.С. Михайлова // Междунар. науч.-практ. конф. с участием студентов и молодых учёных «Современные компьютерно-инновационные технологии проектирования, строительства, эксплуатации автомобильных дорог и аэродромов»: сб. материалов, ХНАДУ, 1-4 ноября 2012 г. - С. 392-397.

Особистий внесок автора: встановлення особливостей розповсюдження НП та ідентифікація НП у ґрунтах методом ГРХ.

22. Iurchenko V. Kinetic characteristics of petrochemicals transposition and accumulation in soils of roadside area / V. Iurchenko, L. Mykhailova, T. Fischer // Transbaltica 2013: proceedings of the 8th International Scientific Conference. May 9-10, 2013. Vilnius Gediminas Technical University. Lithuania. Compiled by N. Batarliene. Vilnius: Technika. - 2013. - P. 73-76.

Особистий внесок автора: ідентифікація та фракціонування НП у ґрунтах придорожнього простору методами ГРХ-МС і ГРЖ-ПД.

Тези виступів на конференціях

23. Михайлова Л. С. Кількісна оцінка впливу складу транспортного потоку на екологічну безпеку придорожнього простору / Л. С. Михайлова, В. О. Юрченко // Екологічна безпека держави: тезис доповідей Всеукраїнської наук.-практ. конф. молодих учених та студентів. м. Київ, 27-28 квітня 2010 р. Національний авіаційний університет / ред. кол. О.І. Запорожець та ін. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк». - 2010.- С.44-45.

Особистий внесок автора: експериментальне встановлення закономірностей детоксикації НП у ґрунтах придорожнього простору.

24.Юрченко В. О. Кількісні та якісні характеристики емісії нафтопродуктів, що створює автомобільна дорога / В. О. Юрченко, Л. С. Михайлова // 2-й Міжнародний конгрес. Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. збірник матеріалів. - Львів, 19-22 вересня 2012 р. Львів : «ЗУКЦ». - 2012 - С.39.

Особистий внесок автора: визначення кількісного та якісного складу потоку НП, депонованих сніговим покривом придорожнього простору.

25.Михайлова Л.С. Влияние смывов с автомобильных дорог на придорожные территории / Л.С. Михайлова, В.А. Беседина, В.А. Юрченко // Эколого-правовые и экономические аспекты экологической безопасности регионов: материалы VII Международной научно-практической конференции при участии молодых ученых. 17-19 октября 2012 г., Харьков: ХНАДУ, 2012. – С. 116-117.

Особистий внесок автора: експериментальне визначення вмісту нафтопродуктів у змивах з автомобільних доріг гравіметричним методом.

АНОТАЦІЯ

Михайлова Л. С. Екологічна безпека ґрунтів придорожнього простору в умовах техногенного забруднення нафтопродуктами. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 - екологічна безпека. - Сумський державний університет Міністерства освіти і науки України, Суми, 2014.

Дисертацію присвячено вирішенню актуального питання – встановленню кількісних та якісних показників техногенного забруднення ґрунтів придорожнього простору нафтопродуктами (НП) та його відповідності вимогам екологічної безпеки природних екосистем.

Експериментально встановлено кількісні показники перенесення НП від автодороги в придорожній простір і розповсюдження їх у ґрунтах залежно від відстані від дороги, глибини ґрунтового профілю та терміну експлуатації дороги. Визначено, що вміст НП у ґрунтах найближчого придорожнього простору становить 3-24 ОДК, а швидкість накопичення - $110 \text{ мг(кг}\cdot\text{рік)}^{-1}$ для дороги з інтенсивністю руху 1120 авт./год. У придорожніх ґрунтах ідентифіковано помірно небезпечні (нафтени) та високо екологічно небезпечні (ПАВ) нафтопродукти, вміст яких у ґрунтах, що безпосередньо прилягають до доріг, становить 2-137 ГДК (згідно з нормативами Білорусії). Виявлено чинники, що знижують навантаження за НП на придорожній простір. Розроблено регресійні залежності, що дозволяють прогнозувати навантаження за НП на придорожні ґрунти та визначати кордон екологічно безпечних територій, для прогнозних інженерних розрахунків при проектуванні автодоріг.

Ключові слова: нафтопродукти, ґрунти придорожнього простору, перенесення нафтопродуктів, алкани, поліциклічні ароматичні вуглеводні, екологічна безпека.

АННОТАЦИЯ

Михайлова Л. С. Экологическая безопасность почв придорожного пространства в условиях техногенного загрязнения нефтепродуктами. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. - Сумский государственный университет Министерства образования и науки Украины, Сумы, 2014.

Диссертация посвящена решению актуальной задачи – установлению количественных и качественных показателей техногенного загрязнения почв придорожного пространства нефтепродуктами (НП) и его соответствия требованиям экологической безопасности природных экосистем.

Установлены особенности переноса НП от автодороги в придорожное пространство: поток НП в атмосферу, поток НП, достигающий поверхности почвы, и поток НП, аккумулирующийся в почвенном слое. Экспериментально установлено, что в почвах придорожного пространства накапливается до 80% НП, поступающих на их поверхность, а около 20% НП подвергаются испарению, физико-химическим и микробиологическим преобразованиям в почве. Определены количественные и качественные характеристики распространения НП в почвах придорожного пространства городских и загородных автодорог по расстоянию от дороги и глубине почвенного профиля с учетом показателей эксплуатации исследуемых автодорог. Экспериментально установлено, что концентрация НП в почвах вблизи исследуемых автодорог в 3-24 раза превышает значение ОДК для почв Украины. Определена скорость накопления НП в поверхностном слое почв ближайшего придорожного пространства автодороги с интенсивностью движения 1120 авт./час. - $\sim 110 \text{ мг(кг}\cdot\text{год)}^{-1}$.

Выявлены и идентифицированы как умеренно опасные (нафтены) УВ, так и УВ высокой экологической опасности (ПАУ), загрязняющие воздушную среду и почвы придорожного пространства. Экспериментально установлено, что ПАУ в исследуемых придорожных почвах представлены в незначительных количествах - 0,11-3,61% от общей концентрации НП в почвах, однако относятся к чрезвычайно экологически опасным соединениям (1-й класс опасности). Кратность превышения общего содержания ПАВ в исследуемых почвах составила 2-137 ПДК (согласно нормативам Белоруссии). Выполнили фракционирование компонентов НП, экстрагируемых из снега и почв придорожного пространства, основываясь на их химических, физических и токсикологических свойствах. Установлено, что ПАУ и алканы условно тяжелой ($C \geq 28$) фракции НП накапливаются, главным образом, в поверхностном слое почв ближайшего (до 15 м) к автодороге придорожного пространства.

Экспериментально определены экологически значимые показатели придорожных почв - концентрация органического углерода, валовый состав неорганических элементов и рН. Их значения в динамике расстояния от дороги свидетельствуют о процессах выщелачивания почв ближайшего придорожного пространства.

Експериментально доказано, что распространение НП по придорожному пространству задерживают древесная растительность с высотой прикрепления кроны - 0,1-0,2 м (до ~ 80%), а также бордюры высотой не менее 40 см (до ~ 50%).

Разработаны регрессионные зависимости для прогнозных инженерных расчетов при проектировании автодорог, позволяющие прогнозировать нагрузку по НП на почвы придорожного пространства и границы экологически безопасной зоны с учетом показателей эксплуатации и технических параметров автодороги, расстояния от дороги, глубины почвенного профиля и направления ветра.

Ключевые слова: нефтепродукты, почвы придорожного пространства, перенос нефтепродуктов, алканы, полициклические ароматические углеводороды, экологическая безопасность.

SUMMARY

Mykhailova L. S. – Ecological safety of the roadside area soils in the conditions of technogenic pollution by petrochemicals. - Manuscript.

The thesis is submitted to obtain the Candidate of technical science degree on the specialty 21.06.01 – environmental safety. - Sumy State University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2014.

The thesis is devoted to actual question of establishing of quantitative and qualitative indicators of technogenic pollution of the roadside area soils by petrochemicals and its compliance with the requirements of the ecological safety of natural ecosystems.

The quantitative indicators of petrochemicals transfer from the road to the roadside area and their distribution of ones in the soils depending on the distance from the road, depth of soil profile and duration of road maintenance have been established experimentally. The petrochemical content in the nearest roadside area soils is 3-24 MPC, and the accumulation rate is $110 \text{ mg}(\text{kg}\cdot\text{year})^{-1}$ for the road traffic in 1120 auth./hour) have been defined. In the roadside soils the moderately (naphthenes) and extremely hazardous for the environment (PAH) petrochemicals, which content in the soils immediately adjacent to the roads is 2-137 MPC (according to the regulations of Belarus), have been identified. Regression models have been deployed to predict petrochemicals load of roadside area soils for predictive engineering calculations when designing the roads.

Keywords: petrochemicals, roadside area soils, petrochemicals transfer, alkanes, polycyclic aromatic hydrocarbons, environmental safety.

Підписано до друку 17.01.2014

Формат 60x90/16. Ум. друк. арк. 1,1. Обл. - вид. арк. 0,9. Тираж 100 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач

Сумський державний університет,

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.