

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ В ЕНЕРГЕТИЦІ ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN ENERGY

УДК 504.53.054 (045)

І.Л. Трофімов, канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0001-5539-1166

С.В. Бойченко, д-р. техн. наук, проф., ORCID 0000-0002-2489-4980

О.М. Тихенко, канд. техн. наук, ORCID 0000-0001-6459-6497

І.О. Шкільнюк, ORCID 0000-0002-8808-3570

Національний авіаційний університет

ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОСТІ СУМІШЕВИХ АВІАЦІЙНИХ ПАЛИВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РОСЛИННИХ ТЕСТЕРІВ

Досліджено можливість використання рослинних тест-об'єктів для оцінки токсичності палив. Виявлено рослинні тест-об'єкти чутливі до забруднення сумішевыми авіаційними паливами на ранніх стадіях проростання рослин. Встановлено рослини-індикатори забруднення сумішевыми авіаційними паливами, які реагують на низький вміст палива у ґрунті, на рівні орієнтовно допустимої концентрації. Виявлено специфічність і чутливість фітотестів (салат «Лолла Росса» та редис «Рудольф»), що вказує на можливість їх використання для оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів.

Ключові слова: токсичність, біотестери, рослини, авіаційне паливо, біологічне паливо, ґрунт, фітотестери, індикатори, полютанти.

Вступ

Деградація рослинного покриву та ґрунтів внаслідок техногенної діяльності людини є однією з найважливіших екологічних проблем сьогодення. Рослинність і ґрунти - могутній біохімічний бар'єр, який концентрує в собі забруднювачі різного походження.

Захист навколишнього середовища можливий лише за достовірної інформації про екологічний стан забрудненого ґрунту. За допомогою хіміко-аналітичних методів неможливо оцінити екосистеми з біологічних позицій, тому, що не враховуються ефекти синергізму, антагонізму і сумарної дії токсикантів [1, 2, 3, 4, 5]. Саме тому сучасний екологічний моніторинг у разі забруднення нафтопродуктами оптимально має включати не лише дослідження рівня нафтохімічного забруднення та змін фізико-хімічних властивостей ґрунтів, а й екологічну оцінку, проведену методами біотестування та біоіндикації. Перспективним є використання рослинних тест-об'єктів завдяки доступності, простоті проведення досліджень, економічності, достовірності. Однак, на сьогодні питання екологічної оцінки нафтозабруднених ґрунтів з використанням рослин залишається не вирішеним.

У зв'язку із цим актуальним напрямком наукових досліджень є екологічна оцінка ґрунтів забруднених нафтопродуктами з використанням рослинних тест-об'єктів, що повинна стати першим етапом діагностики якості ґрунту. Забруднення нафтою та нафтопродуктами є одним з найбільш небезпечних видів забруднення навколишнього середовища. Його негативна дія на ґрунтово-рослинний покрив, атмосферу, поверхневі та підземні води, здоров'я людей відзначається на всіх етапах промислового освоєння: добування, переробки, зберігання, транспортування і ліквідації обладнання. Найбільшого впливу зазнають водні та наземні екосистеми. Серед компонентів наземних екосистем, насамперед, забруднюється ґрунт. Завдяки високій адсорбуючій здатності, нафта та нафтопродукти тривалий час зберігаються у ньому, спричиняючи як деградацію земель, так і створюють небезпеку проникнення полютантів у живильні ланцюги, однією з ланок яких є людина.

Сучасні магістральні та регіональні літаки потребують великих запасів палива у баках, що у свою чергу зумовлює наявність об'ємних нафтобаз та складів паливно-мастильних матеріалів недалеко від аеропортів. Враховуючи великі об'єми авіаційних палив під час їх транспортування, зберігання та видачі, завжди є великий ризик проливу палив та попадання у відкритий ґрунт. Також, слід зауважити, що у засобах масової інформації все більше з'являється заохочувальної та агітаційної інформації щодо використання біологічних палив. Це питання також не обходить авіацію, і хоча на сьогодні літаки цивільної авіації не заправляють біологічним паливом, але все більше країн займаються розробкою сумішевих авіаційних палив з нафтової та природної органічної сировини. Тож, враховуючи написане вище, актуальним залишається питання оцінки токсичності авіаційних нафтового та сумішевого палив у разі їх потрапляння на ґрунт.

Як відомо, у разі забруднення нафтопродуктами відбувається порушення структурних та

функціональних характеристик ґрунтової екосистеми, зниження продуктивності земель, зміна морфологічних характеристик, фізико-хімічних та біологічних властивостей ґрунтів [6-8].

До морфологічних змін відносять: більш темний колір в порівнянні з незабрудненим ґрунтом, велику щільність, наявність масляних плівок, появу стовпчастої структури в нижній частині профілю ґрунтів [9]. У нафтозабруднених ґрунтах переважають чорні, сіро-коричневі відтінки в верхній частині профілю і темно-бурі, коричнево-бурі, буро-охристі - в нижній [10]. Зміна кольору поверхні ґрунту в результаті обгортання ґрунтових частинок нафтовою плівкою призводить до зниження його спектральної відбивної здатності, а отже до більшого його прогрівання [11].

Вертикальне просування нафти вздовж ґрунтового профілю створює хроматографічний ефект диференціації складу нафти: у верхньому, гумусовому горизонті сорбуються високомолекулярні компоненти, які містять багато смолисто-асфальтенових речовин та циклічних сполук; в нижні горизонти проникають, в основному, низькомолекулярні сполуки, які володіють більш високою розчинністю у воді, ніж високомолекулярні компоненти [12, 13].

Науковцями під час лабораторних досліджень [5, 14] встановлено, що основними процесами, які визначають міграцію вуглеводнів, є сорбція і водопроникність ґрунту. Зі збільшенням щільності ґрунту кількість адсорбованої нафти та нафтопродуктів зростає. Зі зростанням вологості ґрунту спостерігається зменшення сорбції нафтопродуктів, але збільшується глибина їх вертикальної міграції [15]. У разі надходження нафти в ґрунти піщаного гранулометричного складу, спостерігається її активна міграція з подальшим накопиченням у нижніх горизонтах, а також вихід у ґрунтові і підземні води [16]. Також, у результаті забруднення нафтою та нафтопродуктами змінюється кількість і співвідношення макро- і мікроелементів. Зокрема, різко зростає співвідношення між вуглецем і азотом за рахунок вуглецю нафти, що погіршує азотний режим ґрунтів [17]. Крім того, нафта має негативний вплив на бактерії, що беруть участь у кругообігу азоту [18].

Авторами праць [15, 19, 20] встановлено, що забруднення нафтопродуктами веде до перебудови ґрунтово-вбирного комплексу, що у свою чергу призводить до зміщення лужно-кислотних умов ґрунту та спостерігається підлужнення початково кислих і слабо-кислих ґрунтів, або підкислення близьких до нейтральних і нейтральних ґрунтів на 0,1 – 0,3 одиниці рН [20]. У разі забруднення нафтою початково нейтрального лужно-алювіального ґрунту спостерігали підкислення ґрунтового розчину на 0,8 – 1,6 одиниць рН [21].

Авторами праць [10, 17, 22, 23] досліджено, що біологічні властивості ґрунтів теж різко змінюються у відповідь на нафтове забруднення, відбувається зниження активності більшості ґрунтових ферментів. Але у працях [19, 23] вказується на збільшення активності каталази дегідрогенази, уреазі [17, 21], інвертази [24].

Багатьма дослідниками встановлено, що ароматичні вуглеводні пригнічують активність ферментів, парафінові – активізують. Зміна активності ґрунтових ферментів зазвичай корелює з чисельністю мікроорганізмів [22]. Вуглеводні нафтопродуктів впливають на мікроорганізми через трансформацію фізико-хімічних властивостей ґрунту: зменшення доступності елементів мінерального живлення, погіршення водного і повітряного режимів, зміну реакції ґрунтового середовища і структури ґрунту [25] та прямий токсичний вплив, який пов'язаний, в першу чергу, з летючими ароматичними вуглеводнями (бензолом, толуолом, ксилолом і ін.), нафталіном і деякими іншими водорозчинними сполуками [17].

Аналіз публікацій показує, що вплив нафти на комплекс ґрунтових мікроорганізмів досить неоднозначний. Встановлено, що нафтове забруднення стимулює зростання певних видів і пригнічує розвиток інших, що залежить від концентрації і складу забруднювача та біологічних особливостей організмів. Найбільш чутливі до нафтового забруднення актиноміцети, нітрифікатори та целюлозоруйнуючі мікроорганізми. На противагу зниженню чисельності або ж повному випаданню найбільш чутливих ланок мікробного угруповання ґрунту, відбувається збільшення чисельності нафтоокислюючих мікроорганізмів і мікроміцетів, які використовують вуглеводні нафти як поживний субстрат.

Вплив нафтового забруднення на рослини відбувається двома шляхами: безпосередньо, внаслідок проникнення компонентів нафти через кореневу систему або продихи листків з включенням їх у метаболізм та опосередковано, через зміни фізико-хімічного складу ґрунту і відповідно порушення його біотичних властивостей. Проникнення компонентів рідких фракцій нафтопродуктів у рослинний організм через кореневу систему зумовлює мутагенні реакції, морфогенетичні і фенологічні відхилення від нормального розвитку [5].

Виявлено, що невисокі концентрації нафти та нафтопродуктів у ґрунті (за різними даними до 5 %) не чинять істотного впливу або навіть можуть стимулювати ріст рослин, збільшуючи такі показники, як схожість, біомасу, довжину наземної чи підземної частини, вміст хлорофілів у листках. При подальшому збільшенні вмісту нафти у ґрунті починає проявлятися істотний пригнічуючий вплив або ж повна загибель рослин [19, 26].

Відомо, що небезпечним вважається рівень забруднення ґрунту, який перевищує межу потенціалу самоочищення. Ґрунти вважаються забрудненими, якщо концентрація нафтопродуктів у них досягає такого значення, за якого починаються негативні екологічні зміни в навколишньому середовищі: порушується екологічна рівновага в ґрунтовій екосистемі, гине ґрунтова біота, падає продуктивність або настає загибель рослин, відбувається зміна морфології, водно-фізичних властивостей ґрунтів, знижується їх родючість, створюється небезпека забруднення підземних і поверхневих вод. Саме тому першочерговим завданням під час виконання аналізу рівня забрудненості ґрунтів є визначення допустимих або безпечних норм вмісту цього типу забруднення.

У Європі прийнято вважати верхнім безпечним рівнем вмісту нафтопродуктів у ґрунті 1-3 г/кг, початком значної екологічної шкоди – 20 г/кг і вище. В країнах ближнього зарубіжжя граничнодопустимі концентрації (ГДК) нафтопродуктів у ґрунті не розроблені, за винятком Татарстану (Росія). Для Татарстану ГДК нафтопродуктів у ґрунті становить 1,5 г/кг, що відповідає транслокаційному (фітоаккумуляційному) показнику шкідливості. Використовують також міграційний водний показник шкідливості (13,1 г/кг), міграційний повітряний (більше 5 г/кг) і загально-санітарний (більше 5 г/кг)[5].

В Україні ГДК нафти і продуктів її переробки у ґрунті не визначена, є лише посилання на орієнтовно допустиму концентрацію (ОДК) 0,2 мг/кг [27]. У джерелах [26, 28] визначена ОДК для ґрунту - 4 г/кг, яка широко використовується для аналізу забрудненості ґрунтів нафтопродуктами. Орієнтування на цей показник не може гарантувати отримання об'єктивних оцінок, особливо зважаючи на те, що кларк вмісту нафтових вуглеводнів у ґрунті в європейських країнах коливається в межах 0,01 – 0,5 г/кг, а у великих містах України досить звичні показники 1 – 3 г/кг. На територіях, прилеглих до підприємств переробки, видобування та зберігання нафтопродуктів, фон досягає 6 г/кг.

Відповідно до [29] для чорноземної зони України пропонується встановити такі градації забруднення ґрунтів нафтою та нафтопродуктами: незабруднені – менше 400 мг/кг (0,4 г/кг); слабо забруднені – 3000-6000 мг/кг (3-6 г/кг); середньо забруднені – 6000-12000 мг/кг (6-12 г/кг); сильно забруднені – 12000-25000 мг/кг (12-25 г/кг); дуже сильно забруднені – понад 25000 мг/кг (> 25 г/кг).

Висока стійкість та токсичність, мінливість вуглеводневого складу, відсутність для більшості з нафтопродуктів встановлених нормативів ГДК, неможливість урахування екологічної небезпеки сумісної дії вуглеводнів, продуктів їх розкладу та взаємодії з присутніми у воді та ґрунті іншими хімічними речовинами потребує комплексного підходу до вирішення проблеми.

Сучасний екологічний моніторинг здійснюється з обов'язковим використанням біологічних методів: біоіндикації та біотестування, що враховують весь комплекс негативних факторів дії на живий організм як множини первинних токсикантів, що потрапили в довкілля, так і сукупності продуктів реакцій між первинними хімічними сполуками [1, 2, 5, 19].

Біоіндикація забруднень, що ґрунтується на вивченні різноманітних біологічних, фізіологічних, анатомічних та інших відхилень у розвитку організмів, а також їх спільнот, які виникають під дією зовнішніх чинників, широко використовують в системі моніторингу. Ці методи відрізняються дешевиною і можливістю одночасно охопити великі території, що підлягають індикації, а також відносно простотою інтерпретації. Основною умовою успішної індикації є чітко виражена реакція-відповідь на фізичну чи хімічну дію, яка є специфічною, легко реєструється візуально чи з допомогою приладів [2, 5].

Спорідненим методом біоіндикації є біотестування, що використовується для встановлення сумарної токсичності середовища і на відміну від біоіндикації характеризує ступінь впливу забруднення на екосистему в конкретний момент відбору проби. Ці методи близькі до методів хімічного аналізу і дозволяють дати реальну оцінку токсичності при комплексному забрудненні хімічними речовинами. Повідомляється [5, 30, 31], що використання біологічних тест-систем дозволяє визначити негативні зміни в екосистемах на дуже ранній стадії, коли вони ще не проявляються у вигляді морфологічних і структурних змін і їх не можна виявити іншими методами. Це дає можливість передбачити порушення екосистеми і завчасно вжити відповідних заходів.

Завдяки доступності, простоті та оперативності біотестування отримало широке визнання в усьому світі і його все частіше використовують в системі сучасного екологічного моніторингу. Біотести рекомендовані для неперервного експрес-контролю стану навколишнього середовища промислових районів і природно-господарських комплексів, контролю шкідливих викидів підприємств, для оцінки ефективності застосованих методів детоксикації навколишнього середовища та роботи очисних споруд, екологічної паспортизації підприємств і окремих районів.

Методи біотестування повинні відповідати наступним вимогам: експресність, доступність і простота здійснення; відтворюваність і достовірність отриманих результатів; економічність, як у матеріальному відношенні, так і по трудовитратах; об'єктивність отриманих даних [3]. Основний принцип біологічного тестування зводиться до оцінки достовірної різниці будь-якого показового параметра тест-об'єкту, що вказує на повне або часткове пригнічення життєвих функцій тест-організмів у досліді (токсичне середовище) і контролі (чисте середовище).

Рослини вважаються найбільш зручними об'єктами для біомоніторингу ґрунтів, оскільки вони є первинними ланками трофічних ланцюгів, виконують основну роль у поглинанні різноманітних забруднювачів. Вони вирізняються доступністю, простою культивування, високою чутливістю до ряду забруднювачів, можливістю оцінки сумарної дії шкідливих речовин на ґрунтову екосистему. Здійснювані з допомогою них дослідження короткотривалі, прості у виконанні, не потребують складного лабораторного обладнання [5, 30, 32]. Також рослини є дешевим ресурсом біологічного матеріалу, не вибагливі до поживного середовища на початкових етапах онтогенезу, оскільки проростки і насіння самі містять потрібну кількість запасних речовин [20].

Через генетичну неоднорідність рослин, їх різні види і сорти по-різному реагують на вплив забруднюючих речовин.

Біотестування та біоіндикацію нафтозабруднених ґрунтів у агроекосистемах проводять на основі реакцій сільськогосподарських рослин із різною чутливістю до даного фактора [1, 2, 5, 23, 27, 28].

У багатьох вітчизняних та закордонних працях показана ефективність застосування насіння крес-салату (*Lepidium sativum*). Це один з найбільш часто використовуваних тест-об'єктів, що застосовується для біотестування вод, донних відкладень, ґрунтів, природних і техногенних субстратів, радіаційного впливу, впливу синтезованих хімічних речовин і їх сумішей [5]. Дана тест-культура інформативна при забрудненні середовища поллютантами різних типів (важкими металами, вуглеводнями, радіоактивними речовинами та ін.) і при комплексному забрудненні.

У працях [23, 35] повідомляється про метод визначення сумарної токсичності ґрунту з використанням насіння редису посівного (*Raphanus sativus*), що пов'язано з високою чутливістю насіння до токсичних речовин. За допомогою редису також оцінюється фітотоксичність нафтозабруднених ґрунтів.

Сорго (*Sorghumbicolor* L.) та квасоля (*Phaseolus vulgaris* L.) використовуються для визначення токсичності реактивного палива та гербіцидів. Ріст кореня проса (*Panicum miliaceum* L.) служить для визначення токсичності фенолів та хлорфенолів [36]. Показана ефективність застосування насіння цибулі ріпчастої (*Allium cepa* L.) як ефективної тест-культури для дослідження токсичного впливу широкого спектру хімічних речовин.

У своїх працях С. А. Ілларіонов [37] вивчав фітотоксичність нафтозабруднених ґрунтів, використовуючи конюшину. Показниками фітотоксичності були зниження схожості і виживання насіння, а також вага сухої біомаси вирощених рослин.

Згідно з міжнародним стандартом ISO 11269-1 для біотестування рекомендується використовувати ячмінь звичайний (*Hordeum vulgare*). Одночасно вказується, що можна застосовувати насіння й інших рослин. Міжнародний стандарт ISO 11269-2 регламентує вибирати мінімум два види рослин, при цьому один повинен бути однодольним, а інший дводольним [38].

У працях іноземних науковців [39, 40, 41, 42] цей ефект продемонстрований відносно чутливості насіння салату, сорго та гірчиці на ґрунтах, забруднених комплексом важких металів і нафтопродуктів, у тому числі ПАВ. Показано, що рослини по зниженню чутливості до токсичності ґрунтів розташовуються в наступному порядку: *Lepidium sativum* < *Sinapis alba* < *Sorghum saccharatum*.

У інших дослідженнях фітотестування забруднень (відходів фосфогіпсу, біоґрунту, наноматеріалів), проведених на насінні гірчиці білої (*Sinapis alba*), була показана доцільність застосування цієї культури, так як вона продемонструвала добру схожість і відтворюваність результатів у дослідах [34].

Авторами праці [35] встановлено відмінність реакцій насіння сільськогосподарських рослин на дію нафтопродуктів. За зменшенням чутливості до нафтопродуктів, вивчені рослини розміщуються в наступному порядку: ячмінь, редис, салат.

Під час діагностування й оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів, зазвичай, враховуються такі показники, як висота рослин, кількість, довжина і ширина листків, довжина черешків, кількість і довжина пагонів, кількість квіток, кількість плодів і насіння у плоді, загальна маса рослини і маса окремих її частин тощо. Фізіолого-біохімічні та цитогенетичні параметри рослинних тест-систем є придатними для кількісної оцінки дії факторів в умовах техногенного забруднення [5, 26, 28].

Вцілому, рослини є перспективними тест-об'єктами для біомоніторингу завдяки високій чутливості до змін довкілля, що відбуваються під впливом антропогенних чинників.

Мета та задачі дослідження

Мета роботи полягала в оцінці токсичності сумішевих авіаційних палив із застосування рослинних тест-об'єктів.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

1. виявити рослинні тест-об'єкти чутливі до забруднення сумішевыми авіаційними паливами на ранніх стадіях проростання, встановити взаємозв'язок між вмістом авіаційного палива у ґрунті та початковими ростовими параметрами тестових рослин;

2. встановити рослину-індикатор забруднення сумішевым авіаційним паливом, яка реагує на низький вміст палива у ґрунті, на рівні орієнтовно допустимої концентрації.

Матеріал і результати досліджень

Під час проведення біотестування та біоіндикації ґрунтів забруднених сумішним авіаційним паливом, проводили пошук рослин, чутливих до нафтового забруднення і встановлювали залежності між концентрацією авіапалива у ґрунті та морфометричними показниками чутливих фітотестів.

Для експериментальних досліджень у цій роботі використовувалися рослини, які за аналізом літературних джерел найкраще показали себе для біотесту ґрунтів забруднених нафтою: насіння салату «Лолла Росса», редису «Рудольф», гороху, квасолі та огірка.

Для досліджень використовували штучно-забруднені сумішним авіапаливом ґрунти, які готували за наступною схемою: у повітряно-сухий дерново-підзолистий чистий ґрунт, просіяний через сито з отворами 1 мм, вносили авіапаливо марки JETA-1, біопаливо на основі ріпаку та сумішеве авіапаливо (JETA-1 + біопаливо на основі ріпаку). Досліди проводилися у лабораторії Альтернативних моторних палив Національного авіаційного Університету (м. Київ).

Під час висадки: горщик №1 поливали водною емульсією з концентрацією 5 % біопалива, № 2 – водною емульсією з концентрацією 10 % біопалива, № 3 – водною емульсією з концентрацією 5 % (50x50 JETA-1 – біопаливо), № 4 – водною емульсією з концентрацією 10 % (50x50 JETA-1 – біопаливо), № 5 – водною емульсією з концентрацією 5 % (30x70 JETA-1 – біопаливо), № 6 – водною емульсією з концентрацією 10 % (30x70 JETA-1 – біопаливо), № 7 – водною емульсією з концентрацією 5 % JETA-1, № 8 – водною емульсією з концентрацією 10 % JETA-1 – біопаливо.

Контрольним зразком був зразок ґрунту, який поливали чистою водою. Експеримент проводили 15 днів. Після інкубації фіксували кількість пророслих насінин, і через кожен день вимірювали висоту стебел.

Усе описане вище було повторено з насінням редису, гороху, квасолі та огірка.

Під час пророщування рослин-тестерів заміряли лінійкою довжину кореня, висоту пагона, їх відносні величини. Фіксували ріст рослин за днями пророщення.

Нами було проведено оцінку токсичності ґрунтів забруднених різними видами палив методами фітотестуванням. Встановлено лінійну залежність між пригніченням росту коренів і пагонів досліджуваних фітотестів та ступенем забруднення.

На рисунку 1 наведено вплив біопалива на основі ріпаку на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф». Насіння гороху, квасолі та огірка під час поливання різними концентраціями авіаційного палива та біопалива на основі ріпаку майже не проростали, а пагони, що проросли гинули на 2 або 3 день. Із чого, ми зробили висновок, що ці рослини не підходять для біоіндикації авіаційних палив.

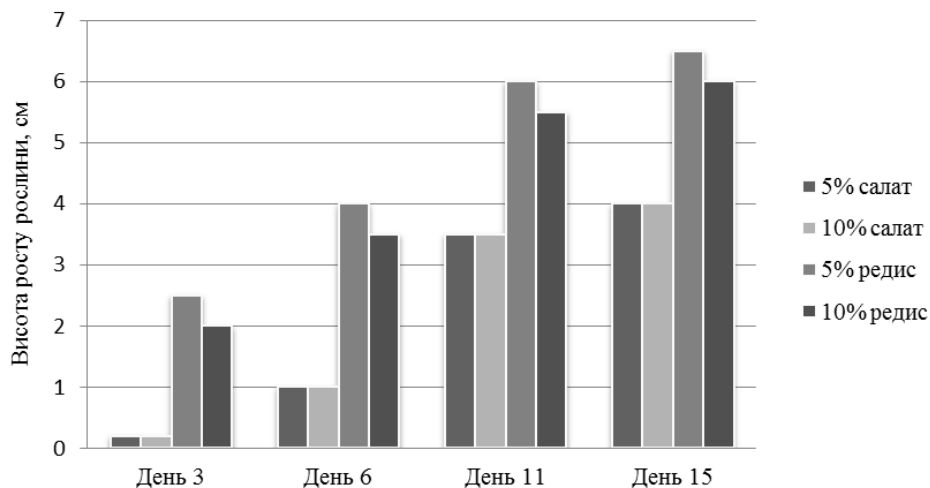


Рисунок 1 – Динаміка впливу різних концентрацій біопалива на показники росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

Із рис. 1. видно, що додавання біопалива у різній кількості впливає на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф». У разі збільшенні концентрації біопалива помітне прискорення росту і проростання стеблин, ріст рослин також збільшується у порівнянні з насінинами, що поливали чистою водою.

На 3 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл – 0,2 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 2,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл – 0,2 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 2 см. На 6 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл – 1 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 4 см; висота стеблин салату политого концентрацією біопалива 100 мл – 1 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 3,5 см. На 11 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл – 3,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 6 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл –

3,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 5,5 см. На 15 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл – 4 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 6,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл – 4 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 6 см. При додаванні 50 і 100 мл біопалива ми бачимо, що ріст рослин прискорюється, тобто, біопаливо працює як стимулятор.

Вплив різних концентрацій суміші «авіаційне паливо – біопаливо» на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф».

Для оцінки токсичності ми пророщували насіння різних видів салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф» на ґрунтах, забруднених сумішшю JET-A1 – біопаливо (50х50) у концентрації 50 та 100 мл на 1000 мл води.

Із результатів рис. 2 можна зробити висновок, що у разі збільшення концентрації суміші JETA-1-біопаливо (50х50), ріст рослини істотно не змінюється.

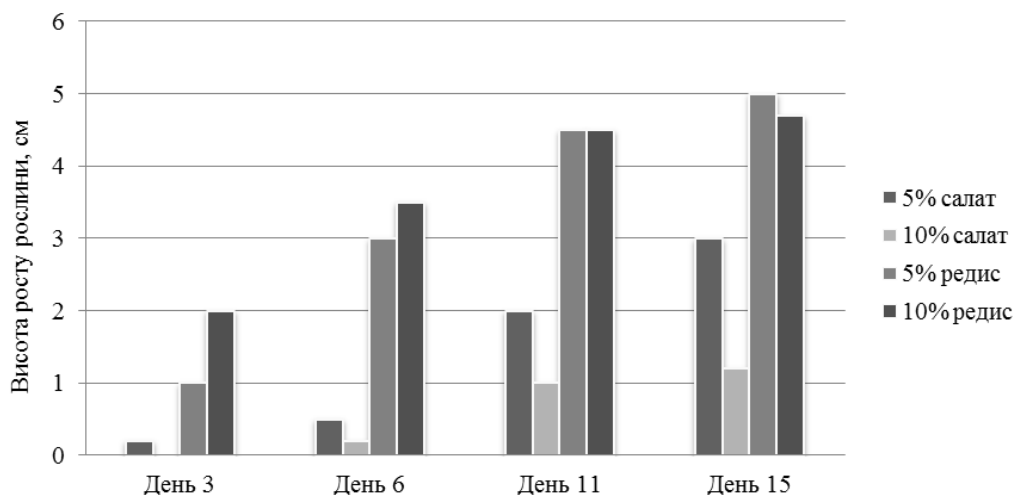


Рисунок 2 – Динаміка впливу різних концентрацій суміші авіаційного палива та біопалива (50х50) на висоту росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

На 3 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 0,2 см, висота стеблин редиса политого концентрацією 50 мл – 1 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 0 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 2 см. На 6 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 0,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 3 см; висота стебла салату политого концентрацією 100 мл складала – 0,2 см, висота стебла редису политого концентрацією 100 мл – 3,5 см. На 11 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 2 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 4,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 1 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 4,5 см. На 15 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 3 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 1,2 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 4,7 см. У порівнянні з пробами, які були політі різними концентраціями біопалива, проби даного експерименту мають дещо пригнічену висоту стеблин. На нашу думку, це можна пояснити тим, що біопаливо виступає, як добриво (стимулятор), а авіапаливо пригнічує ріст рослин. А, оскільки, співвідношення JET-A1 –біопаливо було 50х50, то ріст рослин істотно не змінився.

Вплив різних концентрацій суміші «авіаційне паливо – біопаливо (70х30)» на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф».

На рис. 3 можемо простежити, як додавання суміші JETA-1–біопаливо (70х30) в різних концентраціях (50 та 100мл на 1000мл води) впливає на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф».

Як бачимо, у разі додавання 50 і 100мл суміші JETA-1–біопаливо (70х30) на 1000 мл води наявне сповільнення росту і проростання стеблин. На 3 день висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 50 мл складала – 0,2 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 50 мл – 0,5 см; висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 100 мл складала – 0 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 100 мл – 0,3 см. На 6 день висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 50 мл складала – 1,5 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 50 мл – 2,2 см; висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 100 мл складала – 0,5 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 100 мл – 1,5 см.

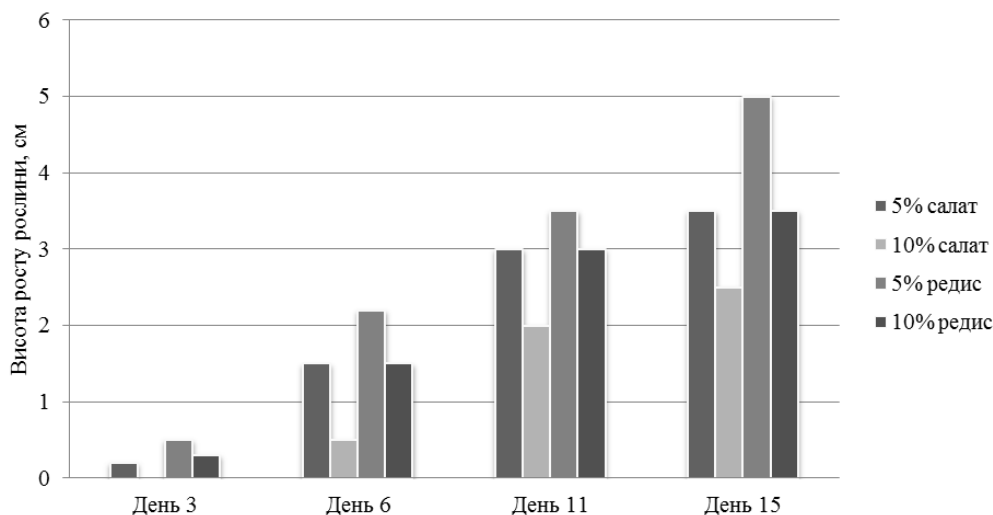


Рисунок 3 – Динаміка впливу різних концентрацій суміші авіаційного палива та біопалива(70x30) на висоту росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

На 11 день висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 50 мл складала – 3 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 50 мл – 3,5 см; висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 100 мл складала – 2 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 100 мл – 3 см. На 15 день висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 50 мл складала – 3,5 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 50 мл – 5 см; висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 100 мл складала – 2,5 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 100 мл – 3,5 см. Як бачимо у разі додавання 50 та 100 мл суміші 70x30 JETA-1–біопаливо рослини мають гіршу динаміку росту, ніж при додаванні суміші JETA-1–біопаливо 50x50. Це можна пояснити тим, що авіаційне паливо, якого вдвічі більше, працює як пригнічувач росту рослин.

Вплив різних концентрацій авіаційного палива JETA-1 на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф».

На рис. 4 показано, як авіаційне паливо JETA-1 впливає на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф». Для дослідження використовувались такі концентрації JETA-1: 50 та 100 мл на 1000 мл води.

Залежності дозволяють зробити висновок, що під час збільшення концентрації авіаційного палива ріст рослини зменшується, а у разі додавання JETA-1 концентрацією 100 мл рослини майже не вирости. На 3 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 0,5 см, редису политого концентрацією 50 мл – 0,6 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 0 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 0,2 см.

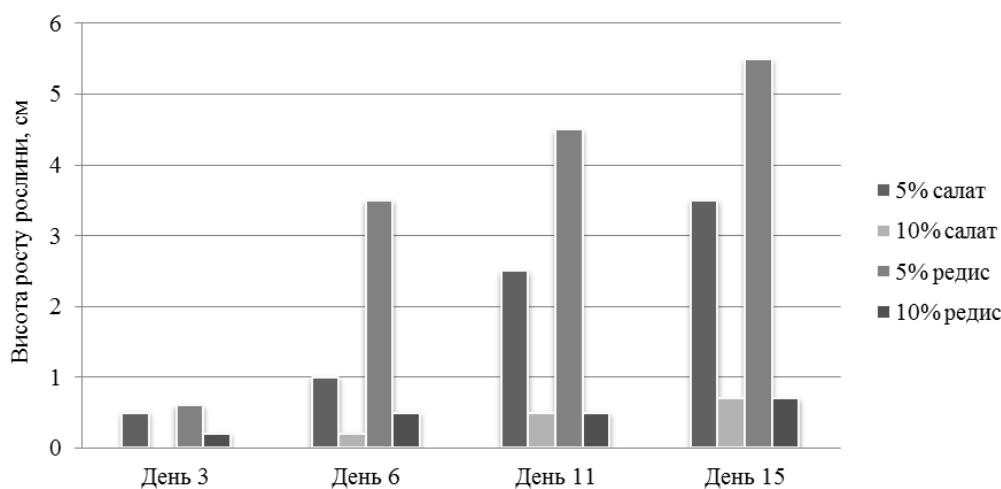


Рисунок 4 – Динаміка впливу JETA-1 на висоту росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

На 6 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 1 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 3,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 0,2 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 0,5 см. На 11 день висота

стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 2,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 4,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складає – 0,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 0,5 см. На 15 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 4,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 5,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 0,7 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 0,6 см.

Висновки

1. Встановлено, що салат «Лолла Росса» та редис «Рудольф» є чутливим до вмісту авіаційного палива JETA-1 та сумішевого авіаційного палива JETA-1-біопаливо у ґрунті на ранніх стадіях проростання в широкому діапазоні концентрації полютанта 0-20 %.
2. Визначено, що для оцінки токсичності вимірювання початкових ростових параметрів цих рослин, отриманих на 6 добу росту в темноті є оптимальним.
3. Рослини: горох, квасоля та огірок не підходять для тестування токсичності авіаційного палива JETA-1 та сумішевого авіаційного палива JETA-1-біопаливо, оскільки загинули на стадії пророщування.
4. Для одержання кількісних характеристик впливу забруднювачів ми визначили залежність між реакцією рослини на стресовий фактор і дозою фактора. Для цього зіставляли відповідні параметри (схожість, довжину кореня тощо) з відповідними дозами (концентраціями) фактора з отриманням залежності «доза-ефект» («концентрація-ефект»), на основі яких побудували графіки.
5. Нами виявлено, що при додаванні авіаційного палива JETA-1 концентрацією 50 мл довжина стебла салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф» залишилися майже тотожною пробами, які ми поливали концентраціями 70x30 JETA-1-біопаливо та зменшилася у порівнянні із пробами, які ми поливали концентраціями 50 мл біопалива і 50 мл сумішню JETA-1-біопаливо 50x50.
6. У разі поливу рослин водяною концентрацією 100 мл JETA-1 пригнічення росту стебла відбувалось більш помітно. У порівнянні з пробами, які були политі водяною концентрацією 100 мл суміші JETA-1-біопаливо (70x30) та пробами политими водяною концентрацією 100 мл JETA-1 мали вдвічі меншу висоту стебла порівняно з пробами, политими водяними концентраціями 100 мл біопалива і 100 мл суміші JETA-1-керосин (50x50). Рослини, политі концентрацією 100 мл JETA-1 мали у 4-6 разів меншу висоту стебла.
7. У результаті проведених досліджень виявлено специфічність і чутливість фітотестів (салат «Лолла Росса» та редис «Рудольф»), що вказує на можливість їхнього використання для оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів.

Список використаної літератури

1. Бубнов А.Г. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: уч.-метод. пособие / [А. Г. Бубнов, С. А. Буймова, А. А. Гуцин и др.]; под общ. ред. В. И. Гриневича; Иван. гос. хим. – технол. ун-т. – Иваново, 2007. – 112 с.
2. Васильев А. В. Экологический мониторинг токсического загрязнения почвы нефтепродуктами с использованием методов биотестирования [Электронный ресурс] / А. В. Васильев, В. В. Заболотских, О. В. Тупицына, А. М. Штеренберг // Нефтегазовое дело. – 2012. – №4. – С.242-249. Режим доступа: URL:http://ogbus.ru/authors/VasilyevAV/VasilyevAV_1.pdf
3. Маячкина Н. В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки / Н. В. Маячкина, М. В. Чугунов // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2009. – № 1. – С. 84-93.
4. Саксонов М. Н. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы: учеб. Пособие / М. Н. Саксонов, А. Д. Абалаков, Л. В. Данько, О. А. Бархатова, А. Э. Балаян, Д. И. Стом. – Иркутск: Иркут.ун-т, 2005. – 114 с.
5. Шевчик Л.З. Екологічна оцінка та фіторе mediaція нафтозабруднених ґрунтів / Л.З. Шевчик // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук. – Львів 2017. Режим доступу: URL: http://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/dissertations/D08.051.04/dissertation_5902f7c3b8f84.pdf.
6. Киреева Н. А. Активность карбогидраз в нефтезагрязненных почвах / Н. А. Киреева, Н. И. Новоселова, Ф. Х. Хазиев // Почвоведение. – 1998. № 12. – С. 144-148.
7. Козлов К. С. Влияние загрязнения почвы нефтепродуктами на дождевых червей: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / К. С. Козлов. – Томск, 2003. – 13 с.
8. Логинов О. Н. Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений / Логинов О. Н., Силищев Н. Н., Бойко Т. Ф., Галимзянова Н. Ф. – Уфа: Государственное издательство научно-технической литературы "Реактив", 2000. – 100 с.
9. Шамраев А. В. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды / А. В. Шамраев, Т. С. Шорина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6(100). – С. 642-645.

10. Сулейманов Р. Р. Изменение буферности почв при загрязнении нефтепромысловыми водами и сырой нефтью / Р. Р. Сулейманов, Ф. И. Назырова // Вестник ОГУ. 2007. – №4. – С. 133-139.
11. Каралов А. М. Регулирование теплового режима нефтезагрязненных земель в условиях их биологической рекультивации / А. М. Каралов // VIII Всесоюз. съезд почвоведов: тезисы докладов. Кн. 1. - Новосибирск, 1989. – С. 37.
12. Бабаджанова О. Ф. Міграція нафти і нафтопродуктів у поверхневій шарі ґрунту при аварійних розливах / О. Ф. Бабаджанова, Н. М. Гринчишин, Ю. Г. Сукач // Безпека життя і діяльності людини - освіта, наука, практика: зб.наук. праць X міжнар. наук.-метод. конф. – К.: Національний авіаційний університет, 2011. – С. 22-26.
13. Елин Е. С. Биогеохимическая трансформация нефти-загрязнителя и болотного биогеоценоза при их взаимодействии / Е. С. Елин // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. - Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2002. – Ф 3. – С. 153-166.
14. Sikkema J. Mechanisms of Membrane Toxicity of Hydrocarbons / J. Sikkema, A. M. de Bont, B. Poolman // Microbiological REVIEWS. – 1995. – Vol. 59, F 2. – P. 201-222.
15. Тюленева В. А. К вопросу исследования фильтрации нефти в почвах / В. А. Тюленева, В. А. Соляник, И. В. Васькина // Вісник КДПУ. – 2006. – Вип. 2/2006 (37), ч. 2. – С. 110-112.
16. Безносиков В. А. Экологическая оценка почв в районе эксплуатации нефтяных месторождений в условиях Севера / В. А. Безносиков, Е. Д. Лодыгин, Б. М. Кондратенко // Международный экологический форум "Сохраним планету Земля": сборник докладов. – СПб.: Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева, 2004. – С. 144-148.
17. Новоселова Е. И. Экологические аспекты трансформации ферментативного пула почвы при нефтяном загрязнении и рекультивации: автореф. дис. . док. биол. наук / Новоселова Евдокия Ивановна. – Воронеж: ВГУ, 2008. – 42 с.
18. Кабилов Р. Р. Оценка биологической активности нефтезагрязненных почв с помощью интегрального показателя / Р. Р. Кабилов, Н. А. Киреева, Т. Р. Кабилов, И. Е. Дубовик, А. Б. Якупова, Л. М. Сафиуллина // Почвоведение. – 2012. – №2. – С. 184-188.
19. Алиев И. Н. Естественное облесение и биологическая рекультивация нарушенных земель северного Кавказа (на примере Кабардино-Балкарии): автореф. дис. док.с.-х. н.: 06.03.01 / Алиев Игорь Нажафович. – Волгоград, 2012. – 42 с.
20. Леднев А. В. Изменение свойств дерново-подзолистых суглинистых почв под действием загрязнения продуктами нефтедобычи и приемы их рекультивации: автореф. дис. доктора с-х. наук: 06.01.03 / Леднев Андрей Викторович. – Ижевск, 2008. – 43 с.
21. Сулейманов Р. Р. Ферментативная активность и агрохимические свойства лугово-аллювиальной почвы в условиях нефтяного загрязнения / Р. Р. Сулейманов, Т. А. Абдрахманов, З. А. Жаббаров, Л. Т. Турсунов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2008. – Т.10, №2. – С. 294-298.
22. Габбасова И. М. Деградация и рекультивация почв Башкортостана / И.М. Габбасова; под ред. Ф.Х. Хазиева. – Уфа: Гилем, 2004. – 284 с.
23. Щемелинина Т. Н. Биологическая активность нефтезагрязненных почв Крайнего севера на разных стадиях их восстановления и прирекультивации (на примере Усинского района Республики Коми): автореф. дис.канд. биол. наук: 03.00.27, 03.00.16 / Щемелинина Татьяна Николаевна. – Воронеж, 2008. – 24 с.
24. Ибрагимова С. Т. Биологическое диагностирование нефтезагрязненных почв месторождений Казахстана: автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Ибрагимова Самал Токмагамбетовна. – Алматы, 2009. – 18 с.
25. Назаров А. В. Влияние нефтяного загрязнения на бактерии дерновоподзолистой почвы / А. В. Назаров, Л. Н. Ананьина, О. В. Ястребова, Е. Г. Плотникова // Биология почв. – 2010. – № 12. – С. 1489-1493.
26. Медведева Е. И. Динамика восстановления нефтезагрязненных почв в условиях Среднего Поволжья / Е. И. Медведева // XII Пущинская школа-конференция молодых ученых «Биология - наука XXI века»: сборник тезисов. –Пущино, 2003 – С. 97.
27. Методика визначення збитку, обумовленого забрудненням і засміченням земельних ресурсів в результаті порушення природоохоронного законодавства / Міністерство охорони навколишнього природного середовища і ядерної безпеки, Київ. –1998.
28. Міхєєв О. М. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії стресорів різної природи на екосистеми / О. М. Міхєєв, М. І. Гуца, Ю. В. Шиліна, Л. Г. Овсяннікова // Наук. праці. Екологія. – 2006. –53(40). –С. 56-64.
29. Демиденко А. Я. Пути восстановления плодородия нефтезагрязненных почв черноземной зоны Украины / А. Я. Демиденко, В. М. Демурджан // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. –С. 197-206.

30. Оливернусова Л. Оценка состояния окружающей среды методом комплексной биоиндикации / Л. Оливернусова // Биоиндикация и мониторинг. – М: Наука. – 1991. – С. 39-45.
31. Білик Т.І. Визначення фітотоксичності авіаційного палива із застосуванням рослинних тестерів / Т.І. Білик, І.Л. Трофімов, Г.М. Федорів, В.В. Боюк / Молодь і поступ біології: XII Міжнар. наук. конф., 19-21 квітня 2016 р., тези допов. – Львів, 2016. – С. 147-148.
32. Njoku K. L. Growth and performance of *Glycine max* L. (Merrill) in crude oil contaminated soil augmented with cow dung / K. L. Njoku, M. O. Akinola, B.O. Oboh // Nat. Sci. 2008. – 6(1). – P. 48-58.
33. Мирошниченко Н. Н. Принципы регламентации углеводородного загрязнения почв Украины / Н. Н. Мирошниченко // Почвоведение. – 2008. – №5. – С. 614-622.
34. Терехова В. А. Экотоксикологическая оценка повышенного содержания фосфора в почвогрунте по тест-реакциям растений на разных стадиях развития / В. А. Терехова, Д. Б. Домашнев, М. А. Канинский, А. В. Степачев // Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. – №3. – С. 21-26.
35. Wang X., Sun C., Gao S., Wang L., Shuokui H. Validation of germination rate and root length as indicator to assess phytotoxicity with *Cucumis sativus* // Chemosphere, 2001, Vol. 44, F 8, p. 1711 - 1721.
36. Илларионов С. А. Роль микромицетов в фитотоксичности нефтезагрязненных почв / С. А. Илларионов, А. В. Назаров, И. Г. Калачникова // Экология. – 2003. – № 5. – С. 341-346.
37. Фомин Г. С. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам / Г. С. Фомин, А. Г. Фомин. – Справочник. М: «Протектор», 2001. – 304 с.
38. Czerniawska-Kusza I. Comparison of the Phytotoxkit microbiotest and chemical variables for toxicity evaluation of sediments / I. Czerniawska-Kusza, T. Ciesielczuk, G. Kusza, A. Cichon // Environmental Toxicology. – 2006. – 21(4). – P. 367-372.
39. Киреева Н. А. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения почвы / Н.А. Киреева, А.М. Мифтахова, Г.Г. Кузьяметов // Вестник Башкирского университета. – 2001. – №1. – С. 32-34.
40. Sharifi M. Germination and growth of six plant species on contaminated soil with spent oil / M. Sharifi, Y. Sadeghi, M. Akbarpour // Int. J. Environ. Sci. Tech. - 2007. - F 4 (4). – P. 463-470.
41. Blankenship D. W. Plant growth inhibition by the water extract of a crude oil / D. W. Blankenship R. A. Larson // Water, Air and Soil Pollut. – 1978. – Vol. 10, №4. – P. 471-472.
42. Blok C. Microbiotest to Assess the Phytotoxic Potential of Growing Media and Soils / C. Blok, G. Persoone, G. A Wever // Annual Symposium of the International Society of Horticultural Sciences. Book of Abstracts, Angers, France, 2005, poster.

I. Trofimov, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof., **ORCID** 0000-0001-5539-1166
S. Boichenko, Dr. Eng. Sc., Prof., **ORCID** 0000-0002-2489-4980
O. Tykhenko, Cand. Sc. (Eng.), **ORCID** 0000-0001-6459-6497
I. Shkilniuk, **ORCID** 0000-0002-8808-3570
National Aviation University

ESTIMATION OF FITOTOXICITY OF MIXED AVIATION FUELS WITH APPLICATION OF PLANT TESTERS

In this article the problem of estimating phytotoxicity a mixture of aviation fuels with the use plant testers is considered.

Object of research - assessment of phytotoxicity mixed aviation fuels.

The main purpose of the work was to identify plant test objects pollution-sensitive blended aviation fuels in the early stages of germination. Establishing the relationship between the content of aviation fuel in the soil and the initial growth parameters of test plants, the establishment of a plant indicator pollution with mixed aviation fuel, which responds to low fuel content in the soil, at the level of approximately allowable concentration

Studies have made it possible to establish that the Lola Ross salad and the Rudolf radish are sensitive to the content of JETA-1 aviation fuel and JETA-1 blended aviation fuel biofuel in the early stages of germination in a wide range of concentrations of pollutant 0-20%. It was determined that in order to assess the toxicity of the measurement of the initial growth parameters of these plants, obtained on the 6th day of growth in the dark, is optimal. Plants: Peas, beans and cucumbers are not suitable for testing the toxicity of aviation fuel JETA-1 and mixed aviation fuel JETA-1 biofuels, since they died at the germination stage.

To obtain quantitative characteristics of the influence pollutants, we determined the relationship between the plant's response to the stress factor and the dose of the factor. We discovered that when adding JETA-1 aviation fuel with a concentration 50 ml, the length of the stem the Lola Ross salad and the Rudolf radish remained almost identical to the samples we drank in concentrations of 70x30 JETA-1 biofuels and decreased in comparison with

the samples that were watering, concentrations of 50 ml of biofuel and 50 ml of a JETA-1-biofuel mixture of 50x50. In the case watering plants with a water concentration of 100 ml JETA-1, the inhibition of stem growth was more pronounced. Compared to samples that were water-saturated with 100 ml water JETA-1 biofuel (70x30) and 100 ml water samples, JETA-1 had twice the height of the stem compared to the samples, foamed with water concentrations of 100 ml of biofuels and 100 ml of JETA-1- kerosene (50x50). Plants, watered with a concentration of 100 ml JETA-1, had 4-6 times less stem height. As a result of the experiments, the specificity and sensitivity phytotems (Lola Ross salad and Rudolf radish) were revealed, indicating the possibility of their use for assessing the toxicity of oil contaminated soils.

The results of this work can be used to assess the phytotoxicity both mixed and traditional aviation fuels with the use of plant testers at storage sites for aviation fuels during their operation (aviation fuel supply, fuel depots, petroleum storage depots). Also, research results can be used by environmental specialists in the field of environmental protection and specialists in the field exploitation storage facilities for motor fuels.

Foreseeable assumptions about the development of the research object are the search and establishment of more sensitive and cheap phytotems with the possibility of their use for assessing the toxicity of oil contaminated soils.

Key words: toxicity, biotesters, plants, aviation fuel, biological fuel, soil, phyto-testers, indicators, pollutants.

References

1. Bubnov A. G. Biotestovyy analiz – integralnyy metod otsenki kachestva obektov okruzhayushchey sredy: uch.-metod. posobiye / [A. G. Bubnov, S. A. Buymova, A. A. Gushchin i dr.]; pod obshch. red. V. I. Grinevicha; Ivan. gos. khim. – tekhnol. un-t. – Ivanovo. 2007. – 112 s.
2. Vasilev A. V. Ekologicheskii monitoring toksicheskogo zagryazneniya pochvy nefteproduktami s ispolzovaniyem metodov biotestirovaniya [Elektronnyy resurs] / A. V. Vasilev, V. V. Zabolotskikh, O. V. Tupitsyna, A. M. Shterenberg // Neftegazovoe delo. – 2012. – №4. – S. 242 – 249. Rezhim dostupa: URL:http://ogbus.ru/authors/VasilyevAV/VasilyevAV_1.pdf.
3. Mayachkina N. V. Osobennosti biotestirovaniya pochv s tselyu ikh ekotoksikologicheskoy otsenki / N. V. Mayachkina, M. V. Chugunov // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. – 2009. – № 1. – S. 84-93.
4. Saksonov M. N. Ekologicheskii monitoring neftegazovoy otrasli. Fiziko-khimicheskiye i biologicheskiye metody: ucheb. posobiye / M. N. Saksonov, A. D. Abalakov, L. V. Danko, O. A. Barkhatova, A. E. Balayan, D. I. Stom. – Irkutsk: Irkut. un-t. 2005. – 114 s.
5. Shevchyk L.Z. Ekolohichna otsinka ta fitoremediatsiia naftozabrudnenykh gruntiv / L.Z. Shevchyk // Dysertatsiia na zdobuttia naukovooho stupenia kandydata biolohichnykh nauk. – Lviv 2017. Rezhym dostupu: URL: http://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/dissertations/D08.051.04/dissertation_5902f7c3b8f84.pdf.
6. Kireeva N. A. Aktivnost karbogidraz v neftezagryaznennykh pochvakh / N. A. Kireeva, N. I. Novoselova, F. Kh. Khaziyev // Pochvovedeniye. – 1998. № 12. – S. 1444-1448.
7. Kozlov K. S. Vliyaniye zagryazneniya pochvy nefteproduktami na dozhdevykh chervey: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.16 / K. S. Kozlov. – Tomsk. 2003. – 13s.
8. Loginov O. N. Biotekhnologicheskkiye metody ochistki okruzhayushchey sredy ot tekhnogennykh zagryazneniy / Loginov O. N., Silishchev N. N., Boyko T. F., Galimzyanova N. F. – Ufa: Gosudarstvennoe izdatelstvo nauchno-tekhnicheskoy literatury «Reaktiv». – 2000. – 100 s.
9. Shamrayev A. V. Vliyaniye neftiinefteproduktov na razlichnye komponenty okruzhayushchey sredy / A. V. Shamrayev, T. S. Shorina // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2009. – № 6(100). – S. 642-645.
10. Suleymanov R. R. Izmeneniye bufernosti pochv pri zagryaznenii neftepromyslovymi vodami i syroy neftyu / R. R. Suleymanov, F. I. Nazyrova // Vestnik OGU. – 2007. – №4. – S. 133-139.
11. Karalov A. M. Regulirovaniye teplovogo rezhima neftezagryaznen-nykh zemel v usloviyakh ikh biologicheskoy rekultivatsii / A. M. Karalov // VIII vsesoyuz. sezd pochvovedov: tezisy dokladov. Kn. 1. - Novosibirsk. 1989. – S. 37.
12. Babadzhanova O. F. Migratsiya nafti i naftoproduktiv u poverkhnevi shari rruntu pri avariynikh rozlivakh / O. F. Babadzhanova, N. M. Grinchishin, Yu. G. Sukach // Bezpekazhittya i diyalnosti lyudini - osvita. nauka. praktika: zb.nauk. prats X mizhnar. nauk.-metod. konf. – K.: Natsionalnyi aviatsiyniy universitet, 2011. – S. 22-26.
13. Elin E. S. Biogeokhimicheskaya transformatsiya nefiti-zagryaznitelya I bolotnogo biogeotsenoza pri ikh vzaimodeystvii / E. S. Elin // Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya. – Tyumen: Izd-vo IPOSSORAN. 2002. – F 3. – S. 153-166.
14. Sikkema J. Mechanisms of Membrane Toxicity of Hydrocarbons / J. Sikkema, A. M. de Bont, B. Poolman // Microbiological REVIEWS. – 1995. – Vol. 59, F 2. – P. 201-222.
15. Tyuleneva V. A. K voprosu issledovaniya filtratsii nefiti v pochvakh / V. A. Tyuleneva, V. A. Solyanik, I. V. Vaskina // Visnik KDPU. – 2006. – Vip. 2/2006 (37). ch. 2. – S. 110-112.

16. Beznosikov V. A. Ekologicheskaya otsenka pochvv rayone ekspluatatsii neftnykh mestorozhdeniy v usloviyakh Severa / V. A. Beznosikov, E. D. Lodygin, B. M. Kondratenok // Mezhdunarodnyy ekologicheskiiy forum «Sokhranim planetu Zemlya»: sbornik dokladov. – SPb.: Tsentralnyy muzey pochvovedeniya im. V. V. Dokuchayeva. 2004. – S. 144-148.
17. Novoselova E. I. Ekologicheskiiy easpekty transformatsii fermentativnogo mula pochvy pri neftyanom zagryaznenii I rekultivatsii: atoref. dis. . dok. biol. nauk / Novoselova Evdokiya Ivanovna. – Voronezh: VGU. 2008. – 42 s.
18. Kabirov R. R. Otsenka biologicheskoy aktivnosti neftezagryaznennykh pochv s pomoshchyu integralnogo pokazatelya / R. R. Kabirov, N. A. Kireeva, T. R. Kabirov, I. E. Dubovik, A. B. Yakupova, L. M. Safiullina // Pochvovedeniye. – 2012. – №2. – S. 184-188.
19. Aliyev I. N. Estestvennoe obleseniye i biologicheskaya rekultivatsiya narushennykh zemel severnogo Kavkaza (naprimere Kabardino-Balkarii): avtoref. dis. dok. s.-kh. n.: 06.03.01 / Aliyev Igor Nazhafovich. – Volgograd. 2012. – 42 s.
20. Lednev A. V. Izmeneniye svoystv dernovo-podzolistykh suglinistykh pochv pod deystviyem zagryazneniya produktami neftedobychi i priyemy ikh rekultivatsii: avtoref. dis. doktoras-kh. nauk: 06.01.03 / Lednev Andrey Viktorovich. – Izhevsk. 2008. – 43 s.
21. Suleymanov R. R. Fermentativnaya aktivnost i agrokhimicheskiye svoystva lugovo-allyuvialnoy pochvy v usloviyakh neftyanogo zagryazneniya / R. R. Suleymanov, T. A. Abdrakhmanov, Z. A. Zhabbarov, L. T. Tursunov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. – 2008. – T.10. №2. – S. 294-298.
22. Gabbasova I. M. Degradatsiya i rekultivatsiya pochv Bashkortostana / I.M. Gabbasova; pod red. F.Kh. Khaziyeva. – Ufa: Gilem. 2004. – 284 s.
23. Shchemelinina T. N. Biologicheskaya aktivnost neftezagryaznennykh pochv Kraynego severa na raznykh stadiyakh ikh vosstanovleniya i prirekultivatsii (naprimere Usinskogo rayona Respubliki Komi): avtoref. dis. kand. biol. nauk: 03.00.27. 03.00.16 / Shchemelinina Tatiana Nikolayevna. – Voronezh. 2008. – 24 s.
24. Ibragimova S. T. Biologicheskoe diagnostirovaniye neftezagryaznennykh pochv mestorozhdeniy Kazakhstana: avtoreferatdis. ... kand. biol. nauk: 03.00.16 / Ibragimova Samal Tokmagambetovna. – Almaty. 2009. – 18 s.
25. Nazarov A. V. Vliyaniye neftyanogo zagryazneniya na bakterii dernovopodzolistoy pochvy / A. V. Nazarov, L. N. Ananina, O. V. Yastrebova, E. G. Plotnikova // Biologiyapochv. – 2010. – № 12. – S. 1489-1493.
26. Medvedeva E. I. Dinamika vosstanovleniya neftezagryaznennykh pochv v usloviyakh Srednego Povolzhia / E. I. Medvedeva // XII Pushchinskaya shkola-konferentsiya molodykh uchenykh «Biologiya – nauka XXI veka»: sbornik tezisev. – Pushchino. 2003 – S. 97.
27. Metodika viznachennya zbitku obumovlenogo zabrudnennyam i zasmichennyam zemelnikh resursiv v rezultati porushennya prirodokhoronnogo zakonodavstva / Ministerstvo okhoroni navkolishnogo prirodnogo seredovishcha i yadernoї bezpeki. Kiiv. – 1998.
28. Mikheev O. M. Zastosuvannya roslinnikh test-sistem dlya otsinki kombinovanoї diї stresoriv riznoi prirodi na ekosistemi / O. M. Mikheev, M. I. Gushcha, Yu. V. Shilina, L. G. Ovsyannikova // Nauk. pratsi. Ekologiya. – 2006. – 53(40). – S. 56-64.
29. Demidenko A. Ya. Puti vosstanovleniya plodorodniya neftezagryaznen-nykh pochv chernozemnoy zony Ukrainy / A. Ya. Demidenko, V. M. Demurdzhan // Vosstanovleniye neftezagryaznennykh pochvennykh ekosistem. M.: Nauka. 1988. – S. 197-206.
30. Olivernusova L. Otsenka sostoyaniya okruzhayushchey sredey metodom kompleksnoy bioindikatsii / L. Olivernusova // Bioindikatsiya I monitoring. – M: Nauka. – 1991. – S. 39-45.
31. Bilyk T.I. Vyznachennia fitotoksichnosti aviatsiynoho palyva iz zastosuvanniam roslynnykh testeriv / T.I. Bilyk, I.L. Trofimov, H.M. Fedoriv, V.V. Boiuk / Molod i postup biolohii: XII Mizhnar. nauk. konf., 19-21 kvitnia 2016 r., tezy dopov. – Lviv, 2016. – S. 147-148.
32. Njoku K. L. Growth and performance of *Glycine max* L. (Merrill) in crude oil contaminated soil augmented with cow dung / K. L. Njoku, M. O. Akinola, B.O. Oboh // Nat. Sci. 2008. – 6(1). – P. 48-58.
33. Miroshnichenko N. N. Printsipy reglamentatsii uglevodorodnogo zagryazneniya pochv Ukrainy / N. N. Miroshnichenko // Pochvovedeniye. – 2008. – №5. – S. 614-622.
34. Terekhova V. A. Ekotoksikologicheskaya otsenka povyshennogo sodержaniya fosfora v pochvogrunte po test-reaksiyam rasteniy na raznykh stadiyakh razvitiya / V. A. Terekhova, D. B. Domashnev, M. A. Kaniskin, A. V. Stepachev // Problemy agrokhimii i ekologii. – 2009. – № 3. – C. 21-26.
35. Wang X., Sun C., Gao S., Wang L., Shuokui H. Validation of germination rate and root elongation as indicator to assess phytotoxicity with *Cucumis sativus* // Chemosphere, 2001, Vol. 44, F 8, p. 1711 - 1721.
36. Illarionov S. A. Rol mikromitsetov v fitotoksichnosti neftezanryaznennykh pochv / S. A. Illarionov. A. V. Nazarov. I. G. Kalachnikova // Ekologiya. – 2003. – № 5. – S. 341-346.
37. Fomin G. S. Pochva. Kontrol kachestva i ekologicheskoy bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam / G. S. Fomin. A. G. Fomin. – Spravochnik. M: «Protektor». 2001. - 304 s.

38. Czerniawska-Kusza I. Comparison of the Phytotoxkit microbiotest and chemical variables for toxicity evaluation of sediments / I. Czerniawska-Kusza, T. Ciesielczuk, G. Kusza, A. Cichon // *Environmental Toxicology*. – 2006. – 21(4). – P. 367-372.
39. Kireeva N. A. Rost i razvitiye sornykh rasteniy v usloviyakh tekhnogennoho zagryazneniya pochvy / N.A. Kireeva, A.M. Miftakhova, G.G. Kuzyakhmetov // *Vestnik Bashkirskogo universiteta*. – 2001. – №1. – S. 32-34.
40. Sharifi M. Germination and growth of six plant species on contaminated soil with spent oil / M. Sharifi, Y. Sadeghi, M. Akbarpour // *Int. J. Environ. Sci. Tech.* - 2007. - F 4 (4). – P. 463-470.
41. Blankenship D. W. Plant growth inhibition by the water extract of a crude oil / D. W. Blankenship R. A. Larson // *Water, Air and Soil Pollut.* – 1978. –Vol. 10, №4. – P. 471-472.
42. Blok C. Microbiotest to Assess the Phytotoxic Potential of Growing Media and Soils / C. Blok, G. Persoone, G. A Wever // *Annual Symposium of the International Society of Horticultural Sciences. Book of Abstracts, Angers, France, 2005, poster.*

УДК 504.53.054 (045)

И.Л. Трофимов, канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0001-5539-1166

С.В. Бойченко, д-р. техн. наук, проф., ORCID 0000-0002-2489-4980

О.Н. Тихенко, канд. техн. наук, ORCID 0000-0001-6459-6497

И.А. Шкильнюк, ORCID 0000-0002-8808-3570

Национальный авиационный университет

ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ СМЕСЕВОГО АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТЕСТЕРОВ

В данной статье рассматривается проблема оценки фитотоксичности смеси авиационных топлив с использованием тестеров растений.

Объект исследования - оценка фитотоксичности смешанных авиационных топлив.

Основная цель работы заключалась в том, чтобы идентифицировать объекты испытаний на заводе, чувствительные к загрязнению, смешанные авиационные топлива на ранних стадиях прорастания. Установление взаимосвязи между содержанием авиационного топлива в почве и начальными параметрами роста испытательных установок, установление индикатора загрязнения завода смешанным авиационным топливом, которое реагирует на низкое содержание топлива в почве, на уровне приблизительно допустимой концентрации

Исследования позволили установить, что салат «Лола Росс» и редька Рудольфа чувствительны к содержанию авиационного топлива JETA-1 и смешанного биотоплива JETA-1 с биотопливом на ранних стадиях прорастания в широком диапазоне концентраций загрязняющих веществ 0 -20%. Было установлено, что для оценки токсичности измерения начальных параметров роста этих растений, полученных на 6-й день роста в темноте, является оптимальным. Растения: Горох, фасоль и огурцы не подходят для тестирования токсичности биотоплива JETA-1 для авиационного топлива JETA-1 и смешанного авиационного топлива, поскольку они погибли на стадии прорастания.

Чтобы получить количественные характеристики влияния загрязняющих веществ, мы определили взаимосвязь между ответом растения на фактор стресса и дозой фактора. Мы обнаружили, что при добавлении авиационного топлива JETA-1 с концентрацией 50 мл длина ствола салата Lola Ross и редьки Rudolf оставалась почти идентичной образцам, которые мы пили в концентрациях биотоплива JETA-1 70x30 и уменьшались по сравнению с образцы, которые мы поливали, концентрации 50 мл биотоплива и 50 мл смеси JETA-1-биотоплива 50x50. В случае полива растений с концентрацией воды в 100 мл JETA-1 ингибирование роста стебля было более выраженным. По сравнению с образцами, которые были насыщены водой 100 мл воды JETA-1 биотоплива (70x30) и 100 мл образцов воды, JETA-1 в два раза превышала высоту ствола по сравнению с образцами, вспенивалась с концентрациями воды в 100 мл биотоплива и 100 мл JETA-1-керосина (50 x 50). Растения, политые с концентрацией 100 мл JETA-1, имели в 4-6 раз меньше высоты стебля. В результате экспериментов были выявлены фитотомы специфичности и чувствительности (салат Лола Росс и редька Рудольфа), что указывает на возможность их использования для оценки токсичности загрязненных нефтью почв.

Результаты этой работы могут быть использованы для оценки фитотоксичности как смешанного, так и традиционного авиационного топлива с использованием тестеров растений на площадках хранения для авиационного топлива во время их эксплуатации (поставки авиационного топлива, хранилища топлива, нефтебазы). Кроме того, результаты исследований могут быть

использованы специалистами по охране окружающей среды в области охраны окружающей среды и специалистами в области эксплуатации месторождений для моторных топлив.

Предвидимыми предположениями о развитии объекта исследования являются поиск и создание более чувствительных и дешевых фитотомов с возможностью их использования для оценки токсичности загрязненных нефтью почв.

Ключевые слова: токсичность, биотестеры, растения, авиационное топливо, биологическое топливо, почва, фито-тестеры, индикаторы, загрязнители.

Надійшла 17.06.2018

Received 17.06.2018

УДК 504/510

І. О. Рабош, аспірант ORCID 0000-0001-6863-3945

О. В. Кофанова, д-р. пед. наук, канд. хім. наук, проф., ORCID 0000-0002-9851-6392

А. В. Підгорний, канд. хім. наук, доц., ORCID 0000-0002-4041-1053

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВИВЧЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ УРБАНОЗЕМІВ ОБ'ЄКТАМИ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ

Вивчено вплив автотранспортного комплексу на ґрунтовий покрив прилеглих до автомагістралей територій у м. Києві. Актуальність роботи визначається збільшенням техногенного навантаження на навколишнє середовище внаслідок зростання потоків автотранспортних засобів на автомагістралях міста. За результатами хімічного аналізу водних ґрунтових витяжок встановлено, що на ґрунти негативно чинять вплив об'єкти транспортної інфраструктури, що приводить до зміни їх хімічного складу. Визначено водневий показник рН (актуальна кислотність) водних витяжок ґрунту, сульфатно-хлоридний вміст, наявність основних катіонів та аніонів. За величиною кислотності та сульфатно-хлоридним вмістом встановлено показник забруднення територій поблизу досліджуваних об'єктів АТК.

Ключові слова: автотранспортний комплекс, екологічна безпека, шкідливі речовини, педосфера, ґрунтові витяжки, фізико-хімічний аналіз.

Вступ. Екологічна безпека є однією зі складових національної безпеки країни та спрямована на створення надійних умов життєдіяльності людини і функціонування екосистем. Автотранспортний комплекс (АТК) чинить різноманітні хімічні, механічні та фізичні дії на всі підсистеми навколишнього середовища, що обумовлено невинним споживанням природних ресурсів, забрудненням атмосфери і педосфери шкідливими речовинами (ШР), створенням високих рівнів шуму та вібрацій, руйнуванням ґрунтово-рослинного покриву тощо. Забруднення міського середовища ШР, зокрема оксидами Карбону, Нітрогену, Сульфуру, аміаком, бенз(а)піреном, формальдегідом, бензолом тощо, важкими металами та зваженими речовинами (РМ) виходить за межі локального впливу, що призводить до зміни структурних, функціональних особливостей урбоекосистем [1]. Зокрема, існує ризик аномального забруднення ґрунтово-рослинного покриву поблизу об'єктів АТК та примігстральних зон дрібнодисперсним пилом, солями, незгорілими вуглеводнями, що веде до деградації значних площ територій міста.

Постановка проблеми. За рахунок постійного зростання кількості автотранспортних засобів (АТЗ), особливо приватних, збільшується число об'єктів автотранспортної інфраструктури. Така ситуація веде до щільного заповнення території міста об'єктами АТК, до яких входять автозаправні станції (АЗС), автомийні комплекси, автостоянки, сервіси автообслуговування тощо. Як наслідок, поряд з ними