

ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ ТЕСТ-СИСТЕМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ГРУНТІВ НА ТЕРИТОРІЇ АЕРОПОРТУ**Л. М. Черняк, О. М. Міхєєв, С. М. Маджд, А. О. Гриб**

Національний авіаційний університет

просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна. E-mail: specially@ukr.net

Визначено рівень забруднення ґрунту нафтопродуктами на території служби паливно-мастильних матеріалів аеропорту за допомогою різних рослинних тест-систем. Побудовано залежності ростових характеристики рослинних тест-систем від відстані від контрольної точки до джерела потенційного забруднення нафтопродуктами. Встановлено, що спостерігається зменшення активності росту рослин із наближенням до джерела забруднення та відповідним підвищенням рівнем забруднення ґрунтів нафтопродуктами. Найбільш чутливою рослиною до рівня забруднення ґрунту нафтопродуктами виявився льон, а найменш чутливою – цибуля. Саме тому, для подальших досліджень в напрямку розробки способу фітотестування рівня забруднення нафтопродуктами ґрунтів авіаційних підприємств, рекомендовано льон, причому спостерігаючи лише за ростовими параметрами стеблової частини, що є важливим за наявності відсутності доступу до кореневої частини рослин. Результати досліджень використання рослин у якості індикаторів вмісту нафтопродуктів у ґрунтах на території служби паливно-мастильних матеріалів аеропорту вказують на значну екологічну небезпеку забруднення ґрунтів територій з інтенсивним техногенним хімічним забрудненням від діяльності аеропорту.

Ключові слова: біотестування, ґрунти, нафтопродукти, забруднення, тест-системи, аеропорт.**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТЕСТ-СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ АЭРОПОРТА****Л. Н. Черняк, А. Н. Михеев, С. М. Маджд, А. О. Гриб**

Национальный авиационный университет

просп. Любомира Гузара, 1, г. Киев, 03058, Украина. E-mail: specially@ukr.net

Определен уровень загрязнения почвы нефтепродуктами на территории службы горюче-смазочных материалов аэропорта с помощью различных растительных тест-систем. Построены зависимости ростовых характеристики растительных тест-систем от расстояния от контрольной точки до источника потенциального загрязнения нефтепродуктами. Установлено, что наблюдается уменьшение активности роста растений с приближением к источнику загрязнения и соответствующим повышением уровнем загрязнения почв нефтепродуктами. Наиболее чувствительной растением до уровня загрязнения почвы нефтепродуктами оказался лен, а наименее чувствительной – лук. Именно поэтому, для дальнейших исследований в направлении разработки способа фитотестирования уровня загрязнения нефтепродуктами почв авиационных предприятий, рекомендуется лен, причем наблюдая лишь за ростовыми параметрами стеблевой части, что является важным при отсутствии доступа к корневой части растений. Результаты исследований использования растений, в качестве индикаторов содержания нефтепродуктов в почвах на территории службы горюче-смазочных материалов аэропорта, указывают на значительную экологическую опасность загрязнения почв территорий с интенсивным техногенным химическим загрязнением от деятельности аэропорта.

Ключевые слова: биотестирования, почвы, нефтепродукты, загрязнение, тест-системы, аэропорт.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Інтенсифікація авіа-транспортних процесів супроводжується постійним зростанням техногенного навантаження на навколишнє середовище. Вплив авіаційної галузі на довкілля характеризується фізичними, хімічними та біологічними забрудненнями атмосфери, ґрунтів та водойм у зоні розташування аеропортів. Серед зазначених типів забруднення, найбільш небезпечним для біосфери є забруднення хімічного типу. Основними джерелами хімічного забруднення, зокрема ґрунтів, на даних об'єктах, є викиди продуктів згорання палив авіаційними та наземними транспортними засобами, а також паливно-мастильні матеріали, що використовуються під час обслуговування, експлуатації та управління транспортних засобів [1]. Техногенна діяльність авіаційних підприємств призводить до деградації рослинного покриву та ґрунтів. Дослідження, що були проведені в Україні та за її межами, свідчать про достатньо високий рівень забруднення ґрунтів та територій підприємств авіаційної галузі та прилеглих до них територій [2]. Якщо питання хімічного забруднення атмосфери та

водойм достатньо є вивченими на сьогодні, то питання щодо техногенного навантаження на ґрунти в зоні сучасних аеропортів та на територіях, прилеглих до них, вимагає більш детального дослідження.

Відомо [3], що у порівнянні з атмосферою та поверхневими водами, ґрунт є малорухомих природним середовищем і міграція забруднювальних речовин в ґрунті протікає відносно повільно. У той же час, ґрунтовий покрив представляє собою менш динамічну та більш буферну систему, ніж водойми чи атмосферне повітря. Одна з важливих особливостей ґрунту полягає у тому, що він накопичує інформацію про процеси та зміни, що відбуваються, і тому може розглядатися, як своєрідний індикатор не тільки миттєвого стану навколишнього середовища, але й відображати минулі процеси [4]. Дослідження показали, що поверхневий стік з території аеропорту характеризується значним вмістом важких металів, нафтопродуктів та інших хімічних речовин [5–6]. Але, найбільш значне забруднення ґрунтового покриву в межах аеропортів відбувається через вплив важких металів та нафтопродуктів.

Основними джерелами забруднення нафтопродуктами ґрунтів на території аеропорту є склади паливно-мастильних матеріалів та служба паливно-мастильних матеріалів, а також, спецавтотранспорт, авіаційно-технічні бази, авіаційно-ремонтні майстерні. А причинами потрапляння нафтопродуктів до ґрунту, є різні види їх втрат (технологічні, аварійні та експлуатаційні). Нафтохімічне забруднення ґрунтів характеризується певними особливостями. Нафтопродукти проникають в ґрунт, в основному, за рахунок сили тяжіння та поверхнево-активних сил. Розповсюдження нафтопродуктів залежить, у першу чергу, від виду та структури підґрунтового шару, гідрологічних умов та властивостей паливно-мастильних матеріалів (густини, в'язкості та інші) [1]. Саме тому, високі рівні забруднення ґрунтів такими хімічними речовинами локалізуються переважно в місцях їх викиду у зовнішнє середовище, що, у свою чергу, може призводити до поступової зміни хімічного складу ґрунтів, наслідком чого може бути порушення взаємозв'язків геохімічного середовища та живих організмів, в результаті чого ґрунти втрачають здатність до самовідновлення [5].

З цієї причини, найважливішою проблемою у забезпеченні екологічної безпеки об'єктів паливо-заправних служб аеропортів є постійний моніторинг рівня забрудненості ґрунтів нафтопродуктами. Адже, у сучасній техносфері основна маса забруднень (понад 80 %) [6–7] припадає не на наслідки техногенних катастроф, а на дрібні «хронічні» витoki і розливи хімічних речовин на екологічно небезпечних об'єктах через нещільності прилягання з'єднань технологічного обладнання паливо-заправних комплексів, транспортних засобів та механізмів, а також через незначні розливи та витoki при виконанні технологічних операцій з паливом та інші. Найбільш важливим для швидкого встановлення рівня хімічного забруднення ґрунту нафтопродуктами, з метою ефективного підбору методу відновлення якості ґрунту, є експресність та доступність методу.

При моніторингових дослідженнях довкілля все більшого значення набуває саме цей метод біологічної оцінки якісних характеристик компонентів довкілля.

Сьогодні способи біологічної оцінки стану природних компонентів набувають усе більшого значення за рахунок того, що вони є найбільш ефективними й екологічно безпечними. Реакція живих організмів дозволяє оцінити наслідки антропогенного впливу на середовище існування за показниками, які мають біологічну основу. Фактори, що впливають на навколишнє, інколи достатньо сильно модифікуються факторами живої та неживої природи, і в результаті чого їх остаточний вплив не завжди легко з'ясувати.

До малозатратних методів інтегральної оцінки та контролю стану компонентів довкілля належить біологічний моніторинг та діагностика, оснований на методах біотестування. З їх допомогою можна оцінити вплив забруднюючих речовин на живі організми залежно від дози і часу їх впливу, включаючи транслокацію по ланцюгу живлення.

Біологічні методи дають чітку інтегральну картину, навіть тих забруднювачів, які можуть лишитися поза увагою вимірювальних приладів, із застосування фізико-хімічних методів дослідження стану навколишнього середовища. Тому, на сьогодні фахівці віддають перевагу біологічному методу контролю стану довкілля над хімічними та фізико-хімічними. Адже, визначення якісних характеристик компонентів довкілля методами фізико-хімічного аналізу являє собою одну з основних проблем екологічного моніторингу.

Проведення екологічних досліджень рівня забруднення компонентів довкілля на територіях, прилеглих до аеропорту – надзвичайно актуальне, оскільки методика оцінки техногенного впливу на їх стан недостатньо висвітлена в науковій літературі. Вирішення цих проблем дасть можливість підійти до розв'язання проблем захисту та відновлення компонентів довкілля на науково-практичній основі. Зокрема до визначення рівня забрудненості ґрунтів нафтопродуктами.

Метою дослідження було визначення рівня забруднення ґрунту нафтопродуктами на території складу з паливно-мастильними матеріалами аеропорту за допомогою рослинних тест-систем.

У результаті аналізу існуючих методів визначення забруднення ґрунту нафтопродуктами для подальших досліджень нами був обраний саме метод біотестування, як один із найдоступніших методів.

Автори [6] відзначають важливість застосування методів біотестування для визначення рівня забрудненості довкілля територій авіаційних підприємств. Оскільки результати хімічного аналізу, який виконується за допомогою складного аналітичного обладнання, у багатьох випадках не дозволяє оцінити справжню небезпеку тих чи інших забруднювачів, прогнозувати наслідки їхньої дії на довкілля та живі організми.

Також відомо [6, 11], що рослинні біотести можуть бути використані для біоіндикації та біомоніторингу. Сучасний екологічний моніторинг при забрудненні довкілля нафтопродуктами оптимально має включати не лише дослідження рівня нафтохімічного забруднення та змін фізико-хімічних властивостей ґрунтів, а й екологічну оцінку, що може бути проведена саме методами біотестування та біоіндикації [7–11].

У якості фітоіндикаторів застосовуються ряд представників природної флори, які відрізняються за рівнем спонтанної стійкості (чутливості) до дії несприятливих факторів. При використанні рослин у якості біоіндикаторів оцінюється їх сумарна реакція на цілий комплекс антропогенних факторів, що дозволяє визначити сукупну дію багатьох окремих факторів на екосистеми та дає змогу отримувати інформацію у показниках, які мають біологічний сенс. Рослини-монітори – це рослини, за ознаками ушкодження яких можна отримати інформацію про кількість забруднюючих речовин, або їх сумішей у складових довкілля.

Отже, рослини є достатньо вдалим індикатором визначення рівня забрудненості ґрунтів нафтопро-

дуктами, що представлені сумішшю вуглеводнів та інших хімічних речовин.

Рослинні тест-системи – це рослинні об’єкти, які застосовуються в експерименті. Їх використовують також як генетичні тест-системи для скринінгу та моніторингу стану компонентів довкілля, для виявлення і кількісної оцінки впливу факторів з генотоксичною дією. У літературі описано близько 25 різних тест-систем з використанням 10 основних видів рослин [11].

Наявність широкого спектру рослинних біотестів дає змогу використовувати їх для тестування великої кількості мутагенних чинників, включаючи забруднювачів навколишнього середовища хімічної та фізичної природи. Також, рослинні тест-системи розглядаються як перспективні для використання з метою оцінки канцерогенних ризиків [11].

У порівнянні з іншими тест-системами рослинні тест-системи мають ряд вагомих переваг [7–11]. Перш за все – це те, що ці системи є достатньо недорогими та простими у використанні. А також: простота обліку ефектів та інтерпретації результатів, чутливість і відтворюваність результатів, економічність аналізу, швидкість, широта бази даних. Можливість пристосування методики для різних умов проведення досліджень робить доцільним їх застосування для оцінки екологічних ризиків при поєднанні дії факторів різної природи.

У різних варіантах біотестування використовують досить різноманітні тест-функції. Зокрема, можливо оцінювати динаміку проростання насіння, кількість пророслого насіння за певний час та ростові характеристики рослин.

У нашому дослідженні рівня забрудненості ґрунту нафтопродуктами було виконано біотестування, відібраних на території аеропорту проб ґрунту, у лабораторних умовах, хоча здійснення біотестування можливе і у польових умовах [12–18].

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Відповідно до поставленої мети, для біотестування проб ґрунту, відібраних на території служби паливно-мастильних матеріалів аеродрому були обрані наступні види рослини: льон (*Linum usitatissimum* L.), цибулі (*Allium schoenoprasum* L.), крес-салату (*Lepidium sativum*).

Відбір проб ґрунтового покриву – поверхневого шару та із зануренням на 20 см вглиб здійснювався біля резервуару з паливом (0 м) на відстані 2 м та 10 м (фонові проби) від резервуару з паливом на аеродромі. При відборі проб для контролю забруднення ґрунту, проби, що підлягали контролю, відбиралися згідно з вимогами ГОСТ 17.4.3.01-83.

Для проведення досліджень було відібрано проби ґрунту методом конверту 5x5 з поверхні ґрунту та із зануренням на 20 см. Об’єднану пробу формували шляхом змішування п’яти точкових проб відібраних з одного майданчика. Маса однієї об’єднаної проби ґрунту становила не менше 1 кг.

Відібрані проби ґрунту було просіяно та відокремлено 250 см³ ґрунту з кожної проби та розподілено проби ґрунту по ємкостям для пророщування насіння. Лотки з досліджуваним ґрунтом було розмежовано на три рівні частини однакової площі та

зволожено додаванням 100 мл дистильованої води. Після відрахування певної кількості насінин (льон – 160 шт., цибуля – 100 шт. салат – 320 шт.) (рис. 1) насіння було висаджене у ґрунт.

Для забезпечення більшого контакту насінин з вологою воно було щільно покрито перлітом та додатково зволожено через пульверизатор (рис. 2).



Рисунок 1 – Насіння рослин, обраних для біотестування ґрунту: цибулі (*Allium schoenoprasum* L.) (а), льон (*Linum usitatissimum* L.) (б), крес-салату (*Lepidium sativum*) (в)



а)



б)

Рисунок 2 – Проби потенційно забрудненого нафтопродуктами ґрунту з висіяним насінням рослин (а) та вкриті перлітом для збереження вологи (б)

На наступному етапі досліджень рослини були накріті прозорою поліетиленою плівкою та розташовані у термостаті з постійним освітленням та температурою 23⁰ С.

Після завершення пророщування насіння рослин біли виконані заміри довжини кореня та стебла рослин на 3, 5 добу (рис. 3).



Рисунок 3 – Проби потенційно забрудненого ґрунту після проростання насіння на третю добу

Результати досліджень ростових характеристик рослин відображені графічно на рис. 4–5. Якщо умовно вважати, що відстань 10 м від резервуару з нафтопродуктами відповідає нульовому забрудненню, то значення параметрів цього варіанту можемо прийняти за контроль, чи 100 %.

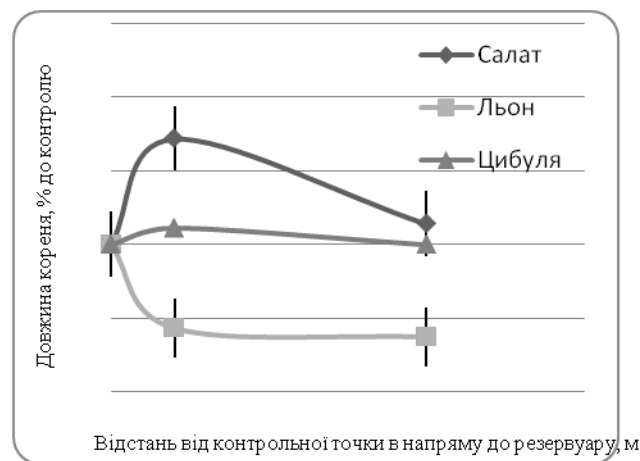


Рисунок 4 – Залежність довжини кореня тридобових проростків від відстані від контрольної точки до джерела потенційного забруднення нафтопродуктами

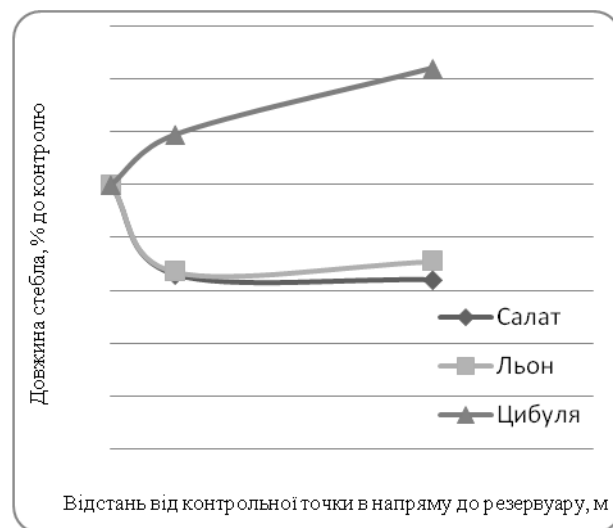


Рисунок 5 – Залежність довжини стебла тридобових проростків від відстані від контрольної точки до джерела потенційного забруднення

Аналізуючи отримані результати (рис. 3–4), слід мати на увазі те, що ростові параметри рослин визначали, вирощуючи їх на верхньому шарі відібраних проб ґрунту, що має більший рівень забруднення, ніж нижній рівень ґрунту.

На рис. 4 представлені результати визначення ростової активності стеблової частини трьох видів рослин у залежності від рівня (можливого) забруднення, який, як ми вважали, був тим меншим, чим більша відстань від джерела забруднення нафтопродуктами.

Можна бачити, що серед досліджених видів рослин льон за ростовим параметром кореневої частини виявився найбільш чутливим до досліджених умов забруднення. Довжина стеблової частини рослин при цьому була також інгібована.

В процесі експериментального дослідження встановлено, що льон виявив найбільшу чутливість. При чому, інгібування кореневої системи спричинило опосередковане інгібування і стеблової частини.

Для салату ми теж спостерігаємо інгібуючу чого впливу на стебла. Хоча, це скоріше за все пов'язане з сильною стимуляцією кореневої системи.

ВИСНОВКИ. Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновки про те, що спостерігається зменшення активності росту рослин з наближенням до джерела забруднення та відповідним підвищенням рівнем забруднення ґрунтів нафтопродуктами. Найбільш чутливою рослиною до рівня забруднення ґрунту нафтопродуктами виявився льон, а найменш чутливою – цибуля. Саме тому, для подальших дослідження в напрямку розробки способу фітотестування рівня забруднення нафтопродуктами ґрунтів авіаційних підприємств, можна рекомендувати льон, причому спостерігаючи лише за ростовими параметрами стеблової частини, що є важливим за наявності відсутності доступу до кореневої частини рослин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Авиационная экология. Воздействие авиационных горюче-смазочных материалов на окружающую среду. Учебное пособие / Л. П. Яновский и др. Москва: Инфра-М, 2016. 180 с.
2. Маджд С. М., Франчук Г. М., Гроза В. А. Статистичний аналіз токсичності снігового покриву на територіях поблизу підприємств з експлуатації та ремонту авіаційної техніки. *Наукоємні технології*. 2012. № 3. С. 36–39.
3. Моніторинг довкілля : підручник. В. М. Боголюбов та ін. ; під ред. В. М. Боголюбова. 2-е вид., перероб. і доп. Вінниця : ВНТУ, 2010. 232 с.
4. Гроза В. А., Маджд С. М., Франчук Г. М. Екологічний стан ґрунтового покриву в зоні експлуатації і ремонту авіаційної техніки. *Екологічна безпека та природокористування*. 2010. Вип. 5. С. 56–66.
5. Маджд С. М., Франчук Г. М. Біологічні методи оцінки екологічного стану ґрунтів біля авіапідприємств. *Екологічна безпека та природокористування*. 2012. Вип. 11. С. 49–52.
6. Франчук Г. М., Ісаєнко В. М. Екологія, авіація і космос. Київ: НАУ, 2005. 450 с.
7. Маджд С. М., Кальницька Д. Д. Визначення категорій екологічних аспектів підприємств цивільної авіації (на прикладі міжнародного аеропорту «Бориспіль»). *Наукоємні технології*. 2018. № 1. С. 125–129.
8. Маджд С. М. Оцінка рівня забруднення ґрунтових вод нафтопродуктами поблизу підприємств

цивільної авіації. *Вісник НАУ*. 2015. № 1 (62). С. 80–84.

9. Cherniak L. The Enhancement of Environmental Safety of Airports Fuel Service. *Symposium on Sustainable Aviation*. (2018, 9-11 July, Roma, Italy). Pp. 32.

10. Cherniak L., Radomska M., Mikhayev O., Madzhd S. The Assessment of Environmental Risks From Airport Fuel Depots. *Proceedings (Full paper Book) International Symposium on Sustainable Aviation (ISSA-2019)*. 2019. Pp. 54-57.

11. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи: Методичні рекомендації по оцінці допустимих рівнів радіонуклідного та хімічного забруднення за їх комбінованої дії. / Гродзинський Д.М. та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.

12. Маджд С. М. Удосконалення контролю техносфери сучасними біологічними методами. *Екологічна безпека та природокористування : зб. наук. праць*. 2015. Вип. 19. С. 19–26.

13. Radomska M. M., Madzhd S. M., Cherniak L. M., Mikhayev O. M. Environmental Pollution in the Airport Impact Area—Case Study of the Boryspil International Airport. *Ecological Problems*. 2020. Vol. 5. No. 2. Pp. 76–82.

14. Евдокимов А. Ю., Фукс И. Г., Любинин И. А. Смазочные материалы в техносфере и биосфере: экологический аспект : монография. Київ : Итэка-Н, 2012. 292 с.

15. Маджд С. М., Тагачинська О. В., Бовсуновський Є. О. Наукові методи щодо контролю якості ґрунтів як індикатора екологічної небезпеки на техногенно навантажених територіях. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. №2 (97). С. 115–121.

16. Cherniak L. Shtyka O., Bilyk T. Soil decontamination on airports territories: peculiarities and challenges. *International Symposium on Sustainable Aviation*. (September 10-13, 2017: abstracts. Kyiv). 2017. P. 77.

17. Франчук Г. М., Антонов А. М., Маджд С. М., Загоруй Я. В. Екологічна оцінка впливу авіаційних транспортних процесів на якість компонентів довкілля. *Вісник НАУ*. 2006. №1. С. 184–190.

18. Маджд С. М., Черняк Л. М., Міхєєв О. М., Використання рослин для індикації стану ґрунтів техногенно-навантажених територій. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2020. Вип №1(120). С. 68–73.

APPLICATION OF PLANT TEST SYSTEMS FOR DETERMINING THE SOILS ECOLOGICAL CONDITION AT THE AIRPORT TERRITORY

L. Cherniak, O. Mikhayev, S. Madzhd, A. Hryb

National Aviation University

prosp. Liubomyra Huzara, 1, Kyiv, 03058, Ukraine. E-mail: specially@ukr.net

Purpose. Assessment of the level of soil contamination with petrochemicals on the territory of the airport with the usage of plant test systems. **Methodology.** The level of soil contamination with petrochemicals at the territory of the fuel and lubricants service of the airport was determined with the help of various plant test systems. In accordance with the set purpose, the following plant species were selected for bio-testing of soil samples: flax (*Linum usitatissimum* L.), onion (*Allium schoenoprasum* L.), watercress (*Lepidium sativum*). Laboratory methods of bio-testing of soil samples taken at the airport were used for the study. **Results.** The dependences of growth characteristics of plant test systems on the distance from the control point to the source of potential contamination with petroleum products are made. **Originality.** As a result of research, it was found that there is a decrease in plant growth activity with the approach to the

source of pollution and a corresponding increase in the level of soil contamination by petrochemicals. Flax was the most sensitive plant to the level of soil contamination with petrochemicals, and onion has the lowest sensitivity. In the process of experimental research it was established that flax showed the greatest sensitivity. Moreover, inhibition of the root system caused indirect inhibition of the stem part. For lettuce, we also observe an inhibitory effect on the stems. However, this is most likely due to strong stimulation of the root system. **Practical meaning.** It is determined that for further research in the way to develop the phytotesting method of the level of petrochemicals pollution of soils of aviation enterprises, flax is recommended, observing only the growth parameters of the stem part, which is important in the absence of access to the root part of plants. **Conclusions.** The results of plant research as indicators of the content of petrochemicals in the soils at the territory of the airport fuel and lubricants service indicate a significant environmental risk of soil contamination of areas with intense technological and chemical pollution from the airport. References 10, figures 4.

Key words: biotesting, soils, oil products, pollution, test systems, airport.

REFERENCES

1. Yanovsky, L. P., Kharin, A. N., Dmitrenko, V. P., Shevchenko, I. V. (2016), *Aviacionnaya ekologiya. Vozdejstvie aviacionnyh goryuche-smazochnyh materialov na okruzhayushuyu sredu* [Aviation ecology. The impact of aviation fuels and lubricants on the environment], Infra-M, Moscow, Russia.
2. Groza, V. A., Madzhd, S. M., Franchuk, G. M. (2010) "Statistical analysis of snow cover toxicity in areas near aircraft maintenance and repair enterprises", *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya*, no. 3, pp. 36–39.
3. Bogolyubov, V. M., Klimenko, M. O., Mokin, V. B and others (2010), *Monitoryng dovkilliya* [Environmental monitoring], VNTU, Vinnitsa, Ukraine.
4. Groza, V. A., Madzhd, S. M., Franchuk, G. M. (2010), "Ecological condition of soil cover in the zone of exploitation and maintenance of aviation technic", *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya: Zbirnyk naukovih prac*, no. 5, pp. 56-66.
5. Madzhd, S. M., Franchuk, G. M. (2012), "Biological methods for assessing the condition of soils near airlines", *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya: Zbirnyk naukovih prac*, no. 11, pp. 49–52.
6. Franchuk, G. M., Isaienko, V. M. (2005), *Ekolohiia, aviatsiia i kosmos* [Ecology, Aviation and Space], NAU, Kyiv, Ukraine.
7. Madzhd, S. M., Kalnytska, D. D. (2018), "The assesment of the categories of environmental aspects of enterprises of civil aviation (on the application of the international airport "Boryspil")", *Naukoiemni tekhnologii*, no. 1, pp. 125–129.
8. Madzhd, S. M. (2015), "Assessment of the level of obstruction of ground waters with petrochemicals near the enterprises of civil aviation" / С.М. Маджд // *Visnyk Natsionalnoho aviatsiinoho universytetu*, no. 1 (62), pp. 80–84.
9. Cherniak, L. (2018), The Enhancement of Environmental Safety of Airports Fuel Service / L.M. Cherniak // *International Symposium on Sustainable Aviation*, 9-11 July, Roma, Italy. pp. 32.
10. Cherniak, L., Radomska, M., Mikhyeyev, O., Madzhd, S. (2019), The Assessment of Environmental Risks From Airport Fuel Depots. Proceedings (Full paper Book) *International Symposium on Sustainable Aviation (ISSA-2019)*, pp. 54-57.
11. Grodzinsky, D. M., Shilina, Y. V., Kutsokon, N. K., Mikheev, O. M and other. (2006), *Zastosuvannya roslynnih test-system dlya ocinky kombinovanoyi diyi faktoriv riznoyi pryrody: Metodychni rekomendaciyi po ocinci dopustymykh rivniv radionuklidnogo ta himichnogo zabrudnennya za yih kombinovanoyi diyi*. [Application of plant test systems to assess the combined action of factors of different nature: Guidelines for assessing the permissible levels of radionuclide and chemical contamination by their combined action], Phytosocial Center, Kyiv, Ukraine.
12. Madzhd, S. M. (2015), "Improving the control of the technosphere by modern biological methods", *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya: Zbirnyk naukovih prac*, no. 19, pp. 19–26.
13. Radomska, M. M., Madzhd, S. M., Cherniak, L. M., Mikhyeyev, O. M. (2020) Environmental Pollution in the Airport Impact Area–Case Study of the Boryspil International Airport, *Ekologichni problem*, vol. 5, no. 2, pp. 76–82.
14. Evdokimov, A. Yu., Fuks, I. G., Lyubinin, I. A. (2012), *Smazochnye materialy v tehnosfere i biosfere: ekologicheskij aspekt* [Lubricants in the technosphere and biosphere: ecological aspect], Itaka-N, Moscow, Russia.
15. Madzhd, S. M., Tagachynska, O. V., Bovsunovsky, Ye. O. (2016), Scientific methods for soil quality control as an indicator of environmental danger in technogenically loaded areas, *Visnyk Kremenchucz`kogo nacional`nogo universytetu*, no. 2 (97), pp. 115–121.
16. Cherniak, L., Shtyka, O., Bilyk, T. (2017), "Soil decontamination on airports territories: peculiarities and challengers". *International Symposium on Sustainable Aviation*, Kyiv, September 10-13, 2017, p. 77.
17. Franchuk, H. M., Antonov, A. M., Madzhd, S. M., Zahorui, Ya. V. (2006), "Ekolohichna otsinka vplyvu aviatsiinykh transportnykh protsesiv na yakist komponentiv dovkillia" [Ecological assessment of the impact of aviation transport processes on the quality of environmental components], *Proceeding of the National Aviation University*, № 1, pp. 184–190.
18. Madzhd, S. M., Cherniak, L. M., Mikheev, O. M (2020), "The use of plants to indicate the condition of soils of man-made areas", *Visnyk Kremenchucz`kogo nacional`nogo universytetu*, no. 1 (120), pp. 68-73.

Стаття надійшла 06.07.2020.