

ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИН ДЛЯ ІНДИКАЦІЇ СТАНУ ҐРУНТІВ ТЕХНОГЕННО-НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

С. М. Маджд, Л. М. Черняк, О. М. Міхєєв

Національний авіаційний університет

просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03680, Україна. E-mail: madzhd@i.ua

Досліджено особливості накопичення важких металів у рослинах на ґрунтах техногенно-навантажених територій з хімічним типом забруднення. Побудовано акумулятивні ряди накопичення важких металів для ґрунтів та рослин техногенно-забруднених територій. Здійснено оцінку можливості використання поглинаючої здатності рослин по відношенню до важких металів у якості індикатора стану техногенно-навантажених ґрунтів. Вказано, що важливе індикаційне значення, для оцінки стану ґрунтів техногенно-навантажених територій, має рослинність. Результати досліджень рослин у якості індикаторів вмісту важких металів у ґрунтах на забруднених територіях вказують на значну екологічну небезпеку забруднення ґрунтів територій з інтенсивним техногенним хімічним забрудненням від діяльності підприємств цивільної авіації. Отримані результати вказують на необхідність розробки та реалізації проекту рекультивациі території в зоні впливу підприємств авіаційної галузі.

Ключові слова: оцінка стану ґрунтів, важкі метали, техногенно-забруднені території, екологічна небезпека, індикатори, підприємства цивільної авіації, концентрація, хімічне забруднення.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ИНДИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

С. М. Маджд, Л. Н. Черняк, А. Н. Михеев

Национальный авиационный университет

просп. Любомира Гузара, 1, г. Киев, 03680, Украина. E-mail: madzhd@i.ua

Исследованы особенности накопления тяжёлых металлов в растениях на почвах техногенно-нагруженных территорий с химическим типом загрязнения. Построено аккумулятивные ряды накопления тяжёлых металлов для почв и растений техногенно-загрязнённых территорий. Осуществлена оценка возможности использования поглощающей способности растений по отношению к тяжёлым металлам в качестве индикатора состояния техногенно-нагруженных почв. Указано, что важное индикационное значение для оценки состояния почв техногенно-нагруженных территорий, имеет растительность. Результаты исследований растений в качестве индикаторов содержания тяжёлых металлов в почвах на загрязнённых территориях указывают на значительную экологическую опасность загрязнения почв территорий с интенсивным техногенным химическим загрязнением от деятельности предприятий гражданской авиации. Полученные результаты указывают на необходимость разработки и реализации проекта рекультивации территории в зоне влияния предприятий авиационной отрасли.

Ключевые слова: оценка состояния почв, тяжёлые металлы, техногенно-загрязнённые территории, экологическая опасность, индикаторы, предприятия гражданской авиации, концентрация, химическое загрязнение.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Одним із найбільш небезпечних забруднювачів ґрунту є важкі метали (ВМ), які здатні спричинити токсикологічний та канцерогенний вплив на живі істоти. За рахунок рухливості у ґрунті іони ВМ сягають водоносних підземних горизонтів, сприяють деградації земель та інтенсивно накопичуються у ланках трофічних ланцюгів, що підсилює небезпеку надходження їх до організму людини [1, 2].

ВМ умовно можна розділити на токсичні для людини і тварини та фітотоксичні (токсичність для рослин вища, ніж для людини та тварин). До основних фітотоксичних металів відносяться: мідь, свинець, нікель, цинк, кадмій, хром [3]. Різні види рослин по різному реагують на дію металів і одні й ті ж метали не однаково впливають на різні види рослин.

Рослини, що ростуть на техногенно-забруднених ґрунтах здатні накопичувати ВМ в різних тканинах та органах. Характер поглинання й акумуляції ВМ рослинами в умовах техногенно-хімічного забруднення визначається вибірковою здатністю рослин поглинати певні метали, рівнем забруднення, впли-

вом супутніх викидів, які підкиснюють чи підлужнюють ґрунтовий розчин [1, 3, 4].

При надмірному надходженні забруднювачів спрацьовують захисні механізми рослин, які обмежують проникнення поллютантів в наземні органи та включення їх в метаболічні процеси. По відношенню до різних забруднювачів захисні можливості рослин проявляються неоднаково: свинець, наприклад, затримується вже в корінні, кадмій легко проникає в наземні органи [5, 6]. Проте, рівень захисних можливостей рослин до дії металу не може бути вищим його «резерву стійкості» відносно до металу [7].

В цілому, негативний вплив на рослини спричинює надмірні концентрації елементу, що надходить до рослин із ґрунту [8, 9].

Рослини, що ростуть на ґрунтах з хімічним типом забруднення, доцільно розглядати не як ізольовану складову, а у системі «ґрунт – рослина», в якій рослинність знаходиться під потужним впливом поллютантів, що надходять до неї із забруднених ґрунтів, і саме тому рослини можуть бути використані у якості індикатора стану ґрунтів і всієї екосистеми.

Мета роботи – оцінка можливості використання поглинаючої здатності рослин по відношенню до важких металів у якості індикатора стану техногенно-навантажених ґрунтів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для аналізу розподілу ВМ у ґрунті був здійснений відбір зразків поверхневого ґрунту та із зануренням на глибину 20 см на території прилеглий до підприємств цивільної авіації. Проби відбирали поблизу злітно-посадкової смуги (ЗПС) та на відстані 20, 100, 250, 500 та 1000 м від неї. Положення точок відбору відмічалось на карті. Відмічені точки служили опорними пунктами при виборі місця відбору проби. Всі точки пробовідбору закріплювалися на місцевості реперами і фіксувалися на картографічній основі.

В ході роботи було намічено 2 ділянки площею 25 м² кожна. Одна – дослідна, в зоні впливу авіаційних підприємств, інша – контрольна на техногенно-незабрудненій території. Контрольна ділянка мала однаковий з дослідною характеристики ґрунту.

При відборі проб ґрунту було враховано метеорологічні умови, рельєф місцевості та спеціальні характеристики району (напрямок переважаючого вітру, вздовж вектору «рози вітрів»). Протягом року за методом «конверту» (5x5 м) відбирали 5 точкових проб, які складали змішаний зразок об'єднаної проби ґрунту.

Паралельно з відбором проб ґрунту в цих же точках були відібрано зразки рослин. Ділянки відбору проб для рослин співпадали з ділянками відбору проб для ґрунту, але не накладались на них. Зразки рослин були представлені сумішшю різнотрав'я з кореневою системою та гілками з листям (верба). Контрольні зразки рослин було відібрано з ділянки, що розташована у зоні з відсутністю техногенного забруднення.

Маса об'єднаної проби рослин складала 0,5-1 кг. Зразки рослин відбирали з кореневою системою. ґрунт з коренів ретельно струшувалася, корені відрізали від наземної частини і поміщали у окремий поліетиленовий пакет або бавовняний мішечок. Наземна частину рослин загортали у поліетиленову плівку.

Усі зразки рослин та повітряно-сухі проби ґрунту маркували (фіксували дату та місце відбору) та зберігали у мішечках з бавовни. Всі об'єднані проби реєстрували у журналі і нумерувались.

Відібрані проби аналізували за вмістом як сумарних, так і рухомих форм ВМ методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

Методологічну основу дослідження складала ландшафтно-геохімічний та еколого-геохімічний підходи, які дають змогу враховувати комплексність і системність міграції хімічних елементів з ґрунту до рослин [10–11].

У ході дослідження стану ґрунтів, як індикатора характеристики екологічної безпеки техногенно-навантажених територій, а саме, територій прилеглих до підприємств з експлуатації та ремонту авіаційної техніки, було виявлено перевищення ГДК свинцю в поверхневому ґрунті поблизу ЗПС в 2 рази та на відстані 1000 м – в 2,2 рази. У ґрунті, взятому з

глибини 20 см, кількість свинцю збільшилась в 1,7 рази біля ЗПС та на відстані 1000 м – в 1,4 рази. Значне перевищення вмісту свинцю порівняно з концентраціями умовного контролю відмічено в усіх точках відбору зразків ґрунту. Так, у поверхневому ґрунті встановлено перевищення вмісту свинцю порівняно з умовним контролем в 9,4-50 разів.

Концентрація свинцю у рослинах значно перевищувала відповідні значення умовного контролю (у 7,8-14,8 разів), що вказувало на сильне забруднення рослин цим металом.

Концентрації міді в ґрунті перевищували ГДК в усіх точках відбору. Так в зразках поверхневого ґрунту встановлено перевищення її вмісту поблизу ЗПС в 3 рази, на відстані 20 м – в 2,3 рази, на відстані 100 м – в 1,9 рази, на 250 м – 1,7 в рази, на 500 м в 1,3 рази і на 1000 м – 2,1 рази. Вміст міді у забруднених ґрунтах перевищував умовний контроль в поверхневих пробах в 10,6-18 разів.

У ґрунті, відібраному на глибині 20 см, концентрація міді перевищувала ГДК в 22,3 рази поблизу ЗПС, в 16,3 рази на відстані 20 м, в 1,4 рази на відстані 100 м, 1,2 – на відстані 250 м, 1,1 на відстані 500 м та в 1,8 на відстані 1000 м. В пробах, відібраних на глибині 20 см вміст міді, перевищував умовний контроль у 10,6-22,3 рази.

Концентрації міді у рослинах перевищували значення у рослинах з ділянок умовного контролю в 6,7-2,5 рази. Найбільше забруднення міддю встановлено у рослинах, взятих для дослідження на відстані 20 м від ЗПС.

Вміст марганцю у відібраних пробах не перевищував ГДК, але перевищував значення умовного контролю в пробах поверхневого ґрунту в 1,5-2 рази та в 1,4-1,8 рази в пробах ґрунту, відібраних на глибині 20 см.

Концентрації марганцю перевищували значення умовного контролю марганцю в 1,1-2,1 рази.

Дослідження ґрунтових проб в зоні впливу авіатранспортних процесів не виявили перевищення кадмію відносно до ГДК. У рослинах кадмій також виявлений не був.

На дослідженій території виявлено перевищення концентрації цинку відносно до ГДК в 1,6 рази тільки у поверхневому ґрунті поблизу ЗПС, та на відстані 20 м – в 1,1 рази. Концентрація цинку в усіх точках відбору ґрунту перевищувала концентрацію в умовному контролі. У поверхневих пробах ґрунту встановлено перевищення вмісту цинку поблизу ЗПС в 5,5 рази, на відстані 20 м – в 3,8 разів, 100 і 250 м – в 2,5 рази, на відстані 500 м – в 2,2 рази. В пробах, відібраних на глибині 20 м, виявлено перевищення цинку в 4,8 рази поблизу ЗПС та на відстані 20 м – в 3,2 рази, на відстані 100 м – в 1,9 разів, на відстані 250 м – в 1,2 рази та на 500 м – в 1,1 рази. Встановлено перевищення в 4,2-8,7 разів концентрації цинку в рослинах відносно до умовного контролю. Значне забруднення цинком спостерігається поблизу ЗПС.

Наявність нікелю було виявлено лише в поверхневій пробі поблизу ЗПС та відібраній на глибині 20 см. Вміст нікелю в 6 та 5 разів вище відносно нор-

мативів. В інших пробах перевищення нікелю відносно до ГДК та умовного контролю не виявлено. У рослинах фонові території нікель виявлений не був, а у рослинах, що досліджувались, він був зафіксований у трьох точках: біля ЗПС, на відстані 20 та на відстані 100 м.

У зоні впливу авіаційних підприємств встановлено перевищення хрому відносно до нормативної концентрації лише у поверхневому ґрунті біля ЗПС в 9 разів та на відстані 20 м – в 3,8 разів. У той же час, концентрація була вищою в 3 рази в точці відбору поблизу ЗПС та на відстані 20 м – не перевищувала норматив, відібраних на глибині 20 см.

Концентрація заліза в ґрунті не нормується, проте вміст заліза в усіх пробах ґрунту значно перевищує значення умовного контролю. Варто відмітити, що у поверхневому шарі ґрунту концентрація заліза відносно до умовного контролю була вищою в 9,9 разів поблизу ЗПС, в 9 разів – на відстані 20 м, та в 8 разів на відстані 100 м, у 7,6 разів на відстані 250 м, у 7,5 рази – на 500 м та в 10 разів – на відстані 1000 м. Значення умовного контролю перевищене і в ґрунті, відібраному на глибині 20 см, – в 3 рази біля ЗПС, в 2,5 рази – на відстані 20 м, в 2,2 рази – на відстані 100 м, в 2 рази – на 250 м, в 1,2 рази – на 500 м і в 1,1 рази на відстані 1000 м.

У рослин незабрудненої території, що були прийняті за умовний (умовно незабруднений) контроль, вміст заліза не виявлений. Однак при дослідженні рослин досліджуваної зони у них були виявлені значні концентрації заліза.

Для дослідження характеру накопичення ВМ у рослинах та ґрунті, відібраних на техногенно-забруднених територіях (прилеглих до підприємств авіаційної галузі), використано один із оперативних методів – побудови акумулятивних рядів накопичення ВМ у ґрунті та рослинах (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльне накопичення ВМ у ґрунті та рослинному покриві з віддаленням від ЗПС

Місце відбору проб, м		Акумулятивний ряд
ЗПС (0 м)	ґрунт	Cd>Ni>Cr>Zn>Pb>Cu>Mn
	рослини	Pb>Zn>Cu>Ni>Mn>Cr, Cd
20 м	ґрунт	Cr>Ni>Zn>Cu>Pb>Mn>Cd
	рослини	Pb>Cu>Zn>Mn>Ni>Cr, Cd
100 м	ґрунт	Zn>Cr, Cu>Pb>Ni>Mn>Cd
	рослини	Pb>Cu, Zn>Ni>Mn>Cr, Cd
250 м	ґрунт	Zn>Cu>Pb>Mn>Cd>Ni, Cr
	рослини	Pb>Cu>Zn>Mn>Ni, Cr, Cd
500 м	ґрунт	Zn>Mn>Cu>Pb>Ni, Cr, Cd
	рослини	Pb>Zn>Cu>Mn>Ni, Cr, Cd
1000 м	ґрунт	Pb>Cu>Mn>Zn> Ni, Cr, Cd
	рослини	Pb>Zn>Cu>Mn>Ni, Cr, Cd

На основі проведених досліджень та розрахунків перевищення фонових концентрацій у ґрунтах та рослинах встановлено поступове зменшення концентрацій ВМ у ґрунті при віддаленні від ЗПС (рис. 1 – рис. 3).

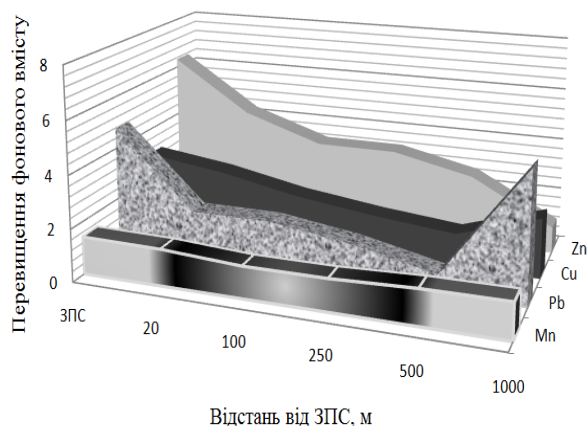


Рисунок 1 – Зміна відносної концентрації ВМ у ґрунті (відносно фонових рівнів) в залежності з віддаленням від ЗПС

На рис. 1 концентрації Pb, Cu, Mn зростають на відстані 1000 м, що, ймовірно, пов'язано з наближенням до автомагістралі. Зміна характеру зменшення концентрації Zn на відстані 250 м (рис. 1) пояснюється аквальною типом ландшафту (мала річка, що протікає поруч та ґрунтові води, що високо залягають), для якого є характерним накопичення рухомих форм ВМ.

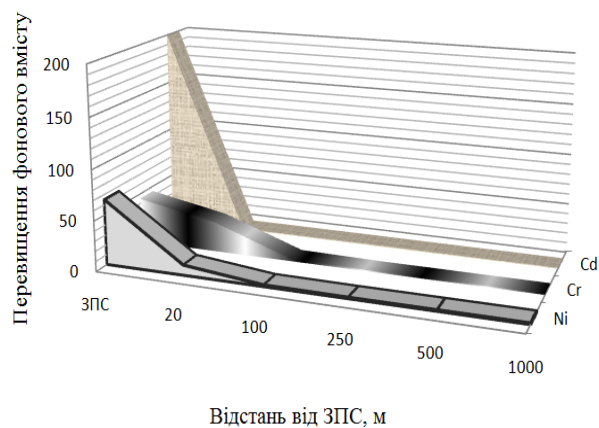


Рисунок 2 – Зміна відносної концентрації ВМ у ґрунті (відносно фонових рівнів) в залежності з віддаленням від ЗПС

Різне зниження концентрацій Ni, Cr, Cd у ґрунтах (рис. 2) пояснюється низькими значеннями їх коефіцієнтів водної міграції, оскільки ці елементи швидко входять до складу слабозчинних органічно-мінеральних комплексів на гуміновій основі.

Зміна концентрацій ВМ у рослинах з відстанню від ЗПС (рис. 3) в основному відповідає зміні їх концентрацій у ґрунтах та залежить від коефіцієнтів біологічного поглинання (Pb – 1,5; Zn – 11,76; Cu – 2,27; Mn – 6,86; Ni – 1,54; Cr – 1,03; Cd – 4,4).

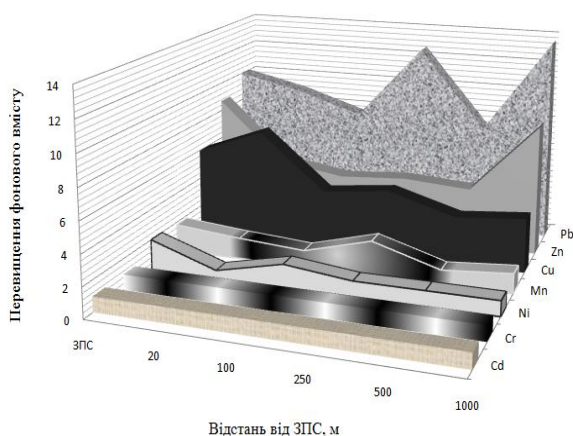


Рисунок 3 – Зміна відносної концентрації ВМ у рослинному покриві (відносно фонового рівня) в залежності з віддаленням від ЗПС

Zn, Mn, Cu, маючи відносно високі коефіцієнти біологічного поглинання, легко засвоюються рослинами і повністю відображають характер зміни концентрації у ґрунті. Pb має високі концентрації в рослинах, на наш погляд, за рахунок додаткового засвоєння елемента у газоподібній формі [3, 5, 7]. На відміну від Ni, Cr і Cd, що надходять у ґрунт в твердій фазі [11] і майже не засвоюються рослинами.

ВИСНОВКИ. Важливе індикаційне значення, для оцінки стану ґрунтів техногенно-навантажених територій, має рослинність [12–16]. Результати досліджень рослин у якості індикаторів вмісту ВМ у ґрунтах на забруднених територіях вказують на значну екологічну небезпеку забруднення ґрунтів територій з інтенсивним техногенним хімічним забрудненням від підприємств цивільної авіації. Так, концентрація ВМ у деяких пробах ґрунтів перевищує ГДК більш ніж в 22 разів, що свідчить про значну небезпеку для довкілля, адже ВМ є вкрай небезпечними для людини і її оточення, оскільки належать до I класу небезпеки. Нагромадження ВМ в ґрунтах прильотної смуги призводить до робить прилеглі до аеропорту ґрунти непридатними для сільськогосподарського використання. Такий стан забруднення ґрунтів є небезпечним як з санітарно-гігієнічної, так і з екологічної точки зору [17–20]. Отримані в роботі результати вказують на необхідність розробки та реалізації проекту рекультивувати території в зоні впливу підприємств авіаційної галузі.

ЛІТЕРАТУРА

- Івашенко Т. Г., Пушкарьова І. Д. Оцінка екологічного стану ґрунтів територій Сакського державного хімічного заводу. *Екологічна безпека*. 2014. Вип. 1(17). С. 64–68.
- Гуцуляк В. М. Ландшафтознавство: теорія і практика. Чернівці: Книги-XXI, 2008. 168 с.
- Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. 342 с.
- Маджд С. М., Франчук Г. М. Акумуляція важких металів у рослинних асоціаціях на територіях, прилеглих до авіаремонтних та експлуатаційних підприємств. *Екологічна безпека та природокористування*. 2009. Вип. 3. С. 76–82.
- Самчук А. І., Кураєва І. В., Єгоров О. С. Важкі метали в ґрунтах Українського Полісся та Київського маґаполісу. К.: Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України, 2006. 108 с.
- Клімова Н. М. Деякі питання методики оцінки стану забруднення ґрунтів унаслідок нафтогазовидобутку. *Вісник Львів. ун-ту*. 2006. Вип. 33. С. 144–151.
- Позняк С. П., Красєха Є. Н., Кіт М.Г. Картографування ґрунтового покриву. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2003. 500 с.
- Некос В. Ю., Гладкіх Є. Ю. Шляхи надходження важких металів до рослинної продукції. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ekokremen.mvк.pl.ua/sborn2007_07.shtml
- Франчук Г. М., Антонов А. М., Маджд С. М., Загоруй А. В. Екологічна оцінка впливу авіаційних транспортних процесів на якість компонентів довкілля. *Вісн. НАУ*. 2006. № 1. С. 184–190.
- Маджд С. М., Михалевська Т. В. Франчук Г. М. Аналіз ґрунтів в зоні аеропорту Київ. *Вісн. НАУ*. 2007. № 3–4. С. 133–137.
- Маджд С. М., Писанко Я. І. Дослідження техногенно-зумовлених водних екосистем в зоні впливу авіапідприємств. *Вісн. НАУ*. 2018. № 3. С. 78–86.
- Франчук Г. М., Гроза В. А., Маджд С. М. Багатофакторний аналіз токсичності ґрунту на територіях поблизу аеропорту. *Вісн. НАУ*. 2012. № 1. С. 196–201.
- 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.
- Франчук Г. М., Маджд С. М., Антропченко А. К. Оцінка канцерогенного впливу важких металів на якість питної води поблизу авіапідприємств. *Наукоємні технології*. 2014. № 2. С. 250–253.
- Маджд С. М. Оцінка рівня забруднення ґрунтових вод нафтопродуктами поблизу підприємств цивільної авіації. *Вісн. НАУ*. 2015. № 1 (62). С. 80–84.
- 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.
- Удод В. М., Маджд С. М., Кулинич Я. І. Регіональні особливості структурно-функціональної організації розвитку техногенно змінених водних екосистем. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2017. Вип. №3 (104). С. 93–99.
- Маджд С. М. Впровадження інтегрованого підходу управління поверхневими водними об'єктами при реалізації сталого водокористування. *Challenges in science of nowadays: I Міжнар. наук.-практич. конф.*, (Вашингтон, 26-28 грудня 2019 р.). Вашингтон, 2019. С. 101–104.

19. Маджд С. М. Про досвід ефективного використання біологічних методів очищення стічних вод. *Актуальні наукові дослідження в сучасному світі: VI Міжнар. наук. конф. (Переяслав-Хмельницький, 26-27 грудня 2019 р.). Переяслав-Хмельницький, 2019. С. 154–157.*

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

USAGE OF PLANTS FOR INDICATING THE SOIL CONDITION AT TECHNOGENICALLY LOADED TERRITORIES

S. Madzhd, L. Cherniak, O. Mikhyeyev

National Aviation University

prosp. Lybomyra Huzara, 1, Kyiv, 03680, Ukraine. E-mail: madzhd@i.ua

Purpose of the work. Assessment of the possibility to use the absorbent capacity of plants in relation to heavy metals as an indicator of the condition of technogenically loaded soils. **Methods.** Estimation of plant absorbability on the basis of the characteristics of the soil cover at technogenically loaded territories, using physicochemical methods, namely, atomic absorption-spectral analysis, and chromatography. Controlled parameters for plants and soil were: lead, copper, manganese, zinc, nickel, chromium, cadmium. Statistical and mathematical methods for processing the obtained results of the experimental data were also used. **Results.** The features of heavy metals accumulation in plants growing on the soils at technogenically loaded territories with chemical type of contamination have been established. Accumulating series of heavy metals accumulation for soils and plants at technogenically loaded territories have been built. The assessment of the possibility to use the plants absorbability to heavy metals as an indicator of the condition of technogenically loaded soils was made. It is proved that the growing vegetation has an important indicative value for estimating the soil condition at the technogenically loaded territories. **Originality** It is shown that the proposed method for assessing the plants condition at territories with chemical contamination type relates to the field of ecological assessment of soils by establishing the accumulative capacity of plants growing on these technogenically loaded soils can be applied for determining the qualitative and quantitative characteristics of soils at technogenically transformed territories both in Ukraine and in the world. **Practical value.** An environmentally safe and cost-effective method has been found that will make it easier to control soil contamination with heavy metals using commonly recognized methods in Ukraine and internationally, through plant research as indicators of heavy metal content. **Conclusions.** It is established that studies of plants as indicators of heavy metal content in soils in contaminated territories indicate a significant environmental risk of soil contamination of territories with intense man-made chemical pollution from the civil aviation enterprises activities. The obtained results indicate the necessity to develop and implement the project for territory reclamation in the area influenced by the enterprises of aviation industry, which can be used in carrying out monitoring studies of soils with chemical type of pollution, both in Ukraine and abroad.

Key words: soil condition assessment, heavy metals, technogenically contaminated territories, environmental hazard, indicators, civil aviation enterprises, concentration, chemical pollution.

REFERENCES

1. Ivashchenko, T. H., Pushkarova, I. D. (2014), "Otsinka ekolohichnoho stanu gruntiv terytorii Saksokoho derzhavnoho khimichnoho zavodu" [Assessment of ecological status of soils in the territory of the Saky State Chemical Plant], *Ekolohichna bezpeka* [Ecological safety], № 1(17), pp. 64–68.

2. Hutsuliak, V. M. (2008), *Landschaftoznavstvo: teoriia i praktyka* [Landscape Studies: Theory and Practice], Chernivtsi, Knyhy-XXI, 168 p.

3. Perelman, A. Y. (1975), *Heokhymyia landshafta* [Landscape geochemistry], Visshaia shkola, Moscow, 342 p.

4. Madzhd, S. M. (2009), "Akumuliatsiia vazhkykh metaliv u roslynnykh asotsiatsiakh na terytoriiakh, pryehlykh do aviaremontnykh ta ekspluatatsiinykh pidpriemstv" [Accumulation of heavy metals in plant associations in the territories adjacent to aircraft repair and maintenance enterprises], *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia* [Environmental safety and environmental management], vol. 3, pp. 76–82.

5. Samchuk, A., Kuraieva, I., Yehorov, O. (2006), "Vazhki metaly v gruntakh Ukrainskoho Polissia ta Kyivskoho mahapolisu" [Heavy metals in the soils of the Ukrainian Polesie and the Kyiv metropolis], Kyiv, 108 p.

6. Klimova, N. M. (2006), "Deiaki pytannia metodyky otsinky stanu zabrudnennia gruntiv unaslidok nafto hazovydobutku" [Some Issues of Methods for Assessing Soil Pollution Due to Oil and Gas Production], *Transaction of Lviv*, vol. 33, pp. 144–151.

7. Pozniak, S. P., Krasiekha, Ye. N., Kit, M. H. (2003), "Kartohrafuvannia gruntovoho pokryvu" [Mapping of soil cover], Lviv, LNU im. I. Franka, 500 p.

8. Nekos, V. Iu., Hladkikh, Ye. Iu. (2007), "Shliakhy nakhodzhennia vazhkykh metaliv do roslynnoi produktsii" [Ways of receipt of heavy metals to vegetable production]: http://ekokremen.mvk.pl.ua/sborn2007_07.shtml [in Ukrainian].

9. Franchuk, H. M., Antonov, A. M., Madzhd, S. M., Zahorui, Ya. V. (2006), "Ekolohichna otsinka vplyvu aviatsiinykh transportnykh protsesiv na yakist komponentiv dovkillia", [Environmental assessment of the impact of aviation transport processes on the quality of environmental components] *Proceeding of the National Aviation University*, vol. 1, pp. 184–190.

10. Madzhd, S. M., Franchuk, H. M., Mykhalievskaya, T. V. (2007), "Analiz gruntiv v zoni aeroportu Kyiv" [Soil analysis in the Kiev airport area], *Proceeding of the National Aviation University*, vol. 3–4, pp. 133–137.

11. Madzhd, S. M., Pysanko, Ya. I. (2018), "Doslidzhennia tekhnohenko-zumovlenykh vodnykh ekosystem v zoni vplyvu aviapidpriemstv" [Investigation of man-made aquatic ecosystems in the area of influence of aviation enterprises], *Proceeding of the National Aviation University*, vol. 3, pp. 78-86.
12. Franchuk, H. M., Hroza, V. A., Madzhd, S. M. (2012), "Bahatofaktorny analiz toksychnosti igruntu na terytoriiakh poblyzu aeroportu" [Multivariate analysis of soil toxicity at territories near the airport], *Proceeding of the National Aviation University*, vol. 1, pp. 196–201.
13. Madzhd, S. M., Franchuk, H. M., Hroza, V. A. (2012), "Statystychnyi analiz toksychnosti snihovoho pokryvu na terytoriiakh poblyzu pidpriemstv z ekspluatatsii ta remontu aviatsiinoi tekhniki" [Statistical analysis of the toxicity of snow cover in the territories near the aircraft maintenance and repair enterprises], *Naukoiemni tekhnologii* [Technology-intensive], vol. 3, pp. 36–39.
14. Franchuk, H. M., Madzhd, S. M., Antropchenko, A. K. (2014), "Otsinka kantserohennoho vplyvu vazhkykh metaliv na yakist pytnoi vody poblyzu aviapidpriemstv", [Assessment of carcinogenic effects of heavy metals on the quality of drinking water near airlines] *Naukoiemni tekhnologii* [Technology-intensive], vol. 2, pp. 250–253.
15. Madzhd, S. M. (2015), "Otsinka rivnia zabrudnennia gruntovykh vod naftoproduktamy poblyzu pidpriemstv tsyvilnoi aviatsii" [Assessment of the level of pollution of groundwater by oil products near civil aviation enterprises], *Proceeding of the National Aviation University*, vol. 1, (62), pp. 80–84.
16. Madzhd, S. M., Tahachynska, O. V., Bovsunovskiy, Ye. O. (2016), «Naukovi metody shchodo kontroliu yakosti gruntiv yak indykatora ekolohichnoi nebezpeky na tekhnohenko navantazhenykh terytoriiakh» [Scientific methods for soil quality control as an indicator of environmental hazards in man-made territories], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, vol. 2 (97), pp. 115–121.
17. Udod, V. M., Madzhd, S. M., Kulynych, Ya. I. (2017), «Rehionalni osoblyvosti strukturno-funktsionalnoi orhanizatsii rozvytku tekhnohenko zminenykh vodnykh ekosystem» [Regional peculiarities of structural and functional organization of the development of man-made aquatic ecosystems], *Transaction of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, vol. 3 (104), pp. 93–99.
18. Madzhd, S. M. (2019), «Introduction of the integrated approach of management superficial water objects is during realization of permanent water consumption», *Challenges in science of nowadays*, pp. 101–104.
19. Madzhd, S. M. (2019), «On the experience of the effective application of biological methods of waste water treatment», *Aktyalni naykovi roblem*, Peryaslov, pp. 154–157.
20. Cherniak, L. Shtyka, O., Bilyk, T. (2017), «Soil decontamination on airports territories: peculiarities and challengers», *International Symposium on Sustainable Aviation*, Kyiv, p. 77.

Стаття надійшла 23.01.2020.