

УДК 631.4:631.47+ 631.95

Бузіна І.М.,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри геодезії, картографії та геоінформатики
Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва
Хайнус Д.Д.,
кандидат економічних наук,
доцент кафедри геодезії, картографії та геоінформатики
Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва

ДОСЛІДЖЕННЯ РИЗИКІВ ПОШИРЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ЛАНДШАФТНОЇ ЕКОСИСТЕМИ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

У статті визначені рівні концентрації важких металів у ґрунтовому покриві території навколо полігону твердих побутових відходів. Виявлені фактори, які найбільше впливають на розповсюдження забруднюючих елементів. Визначена екологічна оцінка навколишнього середовища. Розглянуто і теоретично обґрунтовано поширення важких металів в умовах зміни клімату та розповсюдження водної і вітрової ерозії. Запропоновані заходи ремедіації забруднених територій.

Ключові слова: важкі метали, водна, вітрова ерозія, клімат, фітореємедіація, агроландшафт.

В статье определены уровни концентрации тяжелых металлов в почвах территории вокруг полигона твердых бытовых отходов. Выявлены факторы, которые больше всего влияют на распространение загрязняющих элементов. Определена экологическая оценка окружающей среды. Рассмотрено и теоретически обосновано распространение тяжелых металлов в условиях изменения климата и распространение водной и ветровой эрозии. Предложены меры ремедиации загрязненных территорий.

Ключевые слова: тяжелые металлы, водная и ветровая эрозия, климат, фитореємедіація, агроландшафт.

Buzina I.M., Khainus D.D. RESEARCH OF RISKS OF DISTURBANCING OF LANDSCAPE ECOSYSTEM POLLUTION BY VAPOR METALS IN CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

During the writing of the article, the concentration levels of heavy metals in the soil cover of the area around the landfill of solid household waste are determined. For conducting researches were selected lands of the educational-research economy KNU them. VV Dokuchaev Agricultural Design around the Private Enterprise "Processing Plant". The vast area of contaminated land is in agricultural use. Such areas can become sources of contamination of food products and the further spread of toxic substances in the environment.

Identified factors that have the greatest impact on the spread of pollutants. The environmental assessment of the environment is determined. In the course of research, modern methods of cartographic modeling of landscape ecosystems were applied. The distribution of heavy metals in conditions of climate change and the spread of water and wind erosion is considered and theoretically grounded. Climate change, which is projected to continue in the near future, in particular, rising temperatures, increasing rainfall and wind conditions, requires a rather substantial study of ways to address this issue.

It is important not only to improve the system of measures to reduce the risk of degradation of landscapes, which is especially important for agro-landscapes with an increased danger of manifestation of water erosion and deflation, but also more important legislative and normative provision for the protection of land resources. Proposed measures of remediation of contaminated territories. Implementation of appropriate adaptive measures, will promote increase of agroecosystem stability and productivity.

Particularly important will be measures aimed at protecting land resources from degradation and rational use of moisture reserves. Since, in the conditions of high potential danger of the manifestation of erosion processes, the use of system management of surface runoff within catchment basins will be effective, by introducing a soil contingency and land reclamation system of land use.

Key words: heavy metals, water and wind erosion, climate, phytoremedіація, agro-landscapes.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших проблем екології та охорони навколишнього природного середовища стало

своєчасне знешкодження й утилізація промислових і побутових відходів. Сьогодні в Україні територія звалищ ТПВ складає більше



150 тис. га, де з кожним роком накопичується до 1 млрд т відходів. Їх щорічний приріст становить близько 2% [6, с. 170]. В умовах підвищення температури повітря, внаслідок змін клімату, збільшення проявів водної і вітрової ерозії відбувається поширення забруднень агроландшафтних екосистем, що призводить до зниження врожайності та якості сільськогосподарської продукції [5, с. 75–81].

Смітники і відходи виробництва є основними забруднювачами навколишнього середовища і джерелами поширення важких металів у системі «грунт – рослина», а далі, із вживанням сільськогосподарської продукції, – до організму людини [2, с. 41].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Джерела потрапляння важких металів до екосистем, у т. ч. і ґрунтів, поділяють на природні та техногенні. Серед природних джерел забруднення одним із основних чинників вважаються ерозійні процеси. Техногенні джерела надходження важких металів розташовують зазвичай у такій послідовності: повітряні викиди підприємств, автотранспорт, рідкі та тверді побутові відходи, пестициди, органічні та мінеральні добрива [6, с. 168].

Забруднення важкими металами агроекосистем із полігонів твердих побутових відходів поширюється стоковими водами разом з ерозійними процесами, а рівень перевищення ГДК прямо пропорційний відстані, на яку можуть переноситися стічні води.

Однією з важливих складових частин процесу оптимізації структури агроландшафтів є агроекологічна типізація та зонування території за кількісним складом таких ресурсів, як тепло, волога, родючість ґрунтів і ризику прояву ерозійних процесів, що належать до основних чинників деградації агроландшафтів в умовах складного рельєфу [10, с. 13].

Під час розвитку неконтрольованих ерозійних процесів агроекосистеми назавжди втрачають як основні елементи родючості – азот, фосфор, калій, кальцій і мікроелементи, – так і вуглець та біоту. Наслідком таких негативних процесів є підвищення емісії парникових газів із ґрунту, зниження родючості та погіршення умов сільськогосподарської діяльності. Компенсація наслідків подібних процесів, не виключаючи дегуміфікацію та загальне зни-

ження родючості ґрунту, потребує значних додаткових затрат: фінансових, людських, матеріальних ресурсів, а саме: внесення органічних і мінеральних добрив, проведення заходів із відновлення біосферних функцій ґрунтів у агроландшафтах, розробку більш досконалих протиерозійних заходів [10, с. 14].

Дослідження агроландшафтів в умовах підвищення температури повітря, збільшення кризових проявів природних явищ дуже актуальні сьогодні та мають наукове, практичне і пізнавальне значення. Щоб попередити виникнення несприятливих умов господарювання, необхідно:

- розширювати й удосконалювати уявлення про вплив клімату на стан ландшафтів, процеси ландшафтогенезу;

- отримувати нові дані про особливості локальних кліматів, умови місцевого кліматотворення;

- досліджувати й обґрунтовувати заходи, які можна застосувати для вивчення особливостей окремих ландшафтних утворень, оцінювати кліматичні умови і ресурси з метою удосконалення систем раціонального природокористування, розробляти програми регіонального кліматичного моніторингу [7, с. 216].

Постановка завдання. Мета статті – аналіз ландшафтно-екологічного стану агроекосистеми в умовах зміни кліматичних умов та визначення перспективних напрямів його відновлення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для проведення досліджень за вищевказаною тематикою були обрані землі навчально-дослідного господарства ХНАУ ім. В.В. Докучаєва сільськогосподарського призначення навколо приватного підприємства «Переробний завод», де було відібрано зразки ґрунту з верхнього родючого шару і визначено вміст рухомих форм важких металів (заліза, марганцю, цинку, міді, нікелю, свинцю, хрому і кадмію) за методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

Переважна площа забруднених земель перебуває в сільськогосподарському використанні. Такі ділянки можуть стати джерелами забруднення харчових продуктів і подальшого поширення токсичних речовин у навколишньому середовищі. Рослини відіграють вирішальну

роль в забрудненні трофічних ланцюгів через первинне накопичення до надходження в організм тварини або людини [4, с. 142].

У ході проведення досліджень було застосовано сучасні методи картографічного моделювання ландшафтних екосистем [1, с. 124; 3, с. 265]. для наочного зображення зон забруднення території (рис. 1).

Отримані результати дали можливість зробити висновки, що накопичення елементів відбувається в зонах пониження рельєфу місцевості за рахунок стоку поверхневих і ґрунтових вод. Найнебезпечнішими з них є свинець, кадмій, хром, нікель, концентрації яких перевищують ГДК до 5 разів (на рис. показано

темно-рожевим кольором) або знаходяться на межі перевищення (на рис. показано світло-рожевим кольором) (табл. 1).

Також найвищі концентрації вмісту важких металів були виявлені на північно-східному схилі, що могло бути зумовлено розташуванням автотраси на відстані 400–500 м від місця взяття проб, а також найбільшою крутизною схилу в цьому напрямку.

Дослідження впливу положення ділянки на різних елементах рельєфу і експозиціях на властивості ґрунтів досі мають обмежений характер.

Статистична обробка отриманих результатів мала на меті виявити залежність між вмістом важких металів і рядом показників, які могли впливати на їх накопичення: відстані до смітника, відстані до автотраси, глибини проби, крутизни схилу і середньої висоти точки відбору над рівнем моря.

Результатом проведених досліджень було ранжирування факторів (характеристик проб ґрунту) для показників вмісту в ґрунті заліза, марганцю, цинку, міді, нікелю, свинцю, хрому та кадмію. На першому місці опинилася висота точки відбору проб ґрунту, на другому – відстань до смітника, на третьому – відстань до дороги, на четвертому – крутизна схилу, а на п'ятому – глибина відбору проб (табл. 2).

Таким чином, можна зробити висновки, що поширення важких металів на досліджуваній території головним чином залежить від висоти рельєфу території. Тобто, з пониженням рельєфу відбувається змив і винос із ґрунтовими водами субстрату, в якому є металовмісні речовини, на сільськогосподарські поля та прилеглі території, а саме: водні об'єкти, такі як озера, ставки та природні джерела питної води.

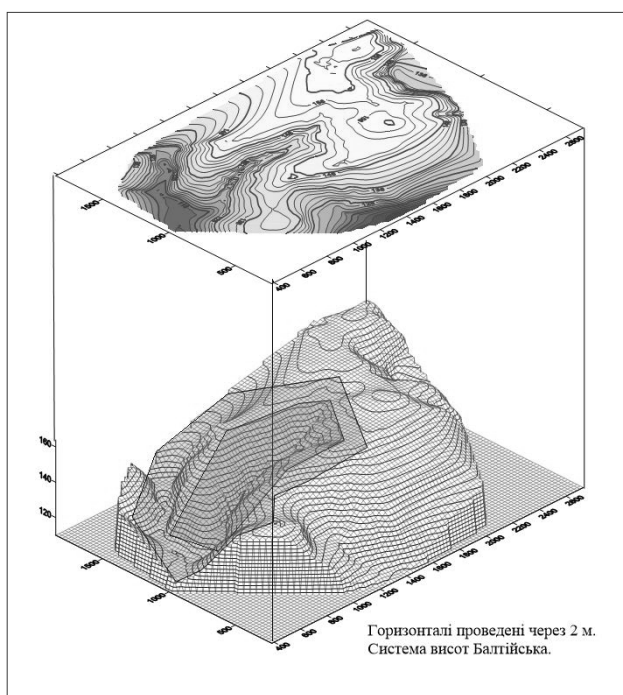


Рис. 1. Цифрова модель агроландшафту

Таблиця 1

Концентрації важких металів у досліджуваних ґрунтах

Елементи	Концентрація (середнє значення), мг/кг									
	1	2	3	4	5	6	7	8	ГДК	
№ п/п										
Залізо	2,37	2,54	80,23	88,43	25,45	52,92	311,06	439,27	-	
Марганець	41,66	15,33	276,92	135,82	96,99	50,53	179,1	248,45	50,00	
Цинк	1,8	0,48	8,12	2,81	2,75	12,00	5,93	5,62	23,00	
Мідь	0,16	0,06	0,15	0,26	0,08	0,15	0,6	0,28	3,00	
Нікель	1,75	1,49	2,29	2,03	3,72	3,26	3,70	4,51	4,00	
Свинець	2,67	3,56	4,30	4,89	2,59	3,11	6,52	7,12	2,00	
Хром	1,82	3,32	2,95	4,16	4,67	5,04	5,92	6,23	6,00	
Кадмій	0,11	0,14	0,34	0,35	0,26	0,36	0,57	0,73	0,70	



Таблиця 2

Ранжирування факторів (характеристик зразків ґрунту)

Результативні показники	Фактори				
	глибина, см	відстань до смітника, м	відстань до дороги, м	крутизна схилу	висота, м
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Вміст заліза	5	2	3	4	1
Вміст марганцю	4	2	3	5	1
Вміст цинку	2	4	3	1	5
Вміст міді	3	1	4	5	2
Вміст нікелю	4	3	2	5	1
Вміст свинцю	5	2	3	4	2
Вміст хрому	3	5	4	2	1
Вміст кадмію	4	1	2	3	5
Середнє значення	3,75	2,50	3,00	3,63	2,25
Ранг фактора	V	II	III	IV	I

Таблиця 3

Оцінка забруднення навколишнього середовища важкими металами

Елементи	Клас небезпеки	ПДК, мг/кг	Максимальна концентрація, мг/кг	Перевищення ГДК, рази	Тип екологічної ситуації
Марганець	III	50	276,9	5,5	Кризова
Цинк	I	23	12,0	0,5	Задовільна
Нікель	II	4	3,72	0,93	Задовільна
Свинець	I	2	7,12	3,56	Кризова
Хром	II	6	6,23	1,03	Передкризова
Кадмій	I	0,7	0,73	1,04	Передкризова

На підставі емпірично отриманих даних робимо такі висновки про характер поведінки важких металів у ґрунтах досліджуваного полігону: їх можна розділити на дві різні групи. До першої групи віднесемо мідь, нікель, хром, кадмій. Їх вміст у ґрунті слабо змінюється з глибиною і майже не залежить від ландшафтного положення точки. Акумуляція в гумусовому горизонті виражена слабо.

До другої групи належать залізо, марганець, цинк і свинець. Ці елементи акумулюються, головним чином, у гумусовому горизонті, що може бути пов'язано із низьким вмістом гумусу у ґрунтах [9, с. 198–214].

Оцінка стану території приведена в табл. 3.

Ці елементи потрапляють в організм людини трьома шляхами: через атмосферне повітря з токсичним пилом, через харчові продукти, через питну воду, але можуть спричинити отруєння організму, важкі захворювання життєво важливих органів і навіть складають потенційну генетичну небезпеку [8, с. 32–37].

Кліматичні зміни, які ми спостерігаємо нині, приведуть до поширення ерозійнонебезпечних ділянок, збільшення об'ємів води, яка може переносити забруднюючі речовини.

Зміна клімату, яка, за прогнозами, продовжиться у найближчому майбутньому, зокрема підвищення температури [5, с. 215], посилення зливових особливостей опадів і вітрового режиму, потребує вивчення шляхів вирішення цього питання. Важливим є удосконалення не лише системи заходів щодо зменшення ризиків деградації ландшафтів, що особливо актуально для агроландшафтів із підвищеною небезпекою прояву як водної ерозії, так і дефляції, а й законодавчо-нормативного забезпечення охорони земельних ресурсів.

Згідно з даними, розробленими у наукових установах США, Канади, Японії та країн ЄС, наприкінці XXI століття прогнозується підвищення температури приземного шару повітря у всіх природно-кліматичних зонах України на 0,7–3°C і навіть, за деякими кліматичними

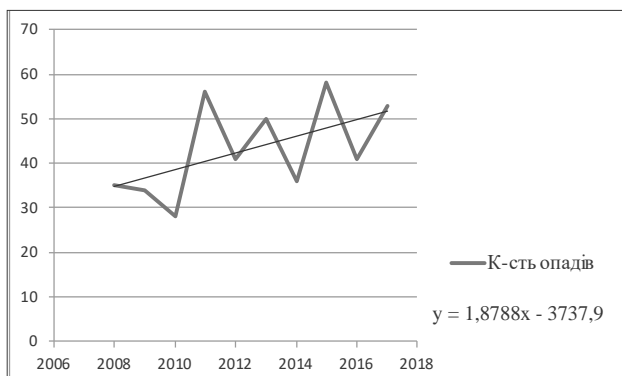


Рис. 1. Графік коливання кількості опадів (за роками)

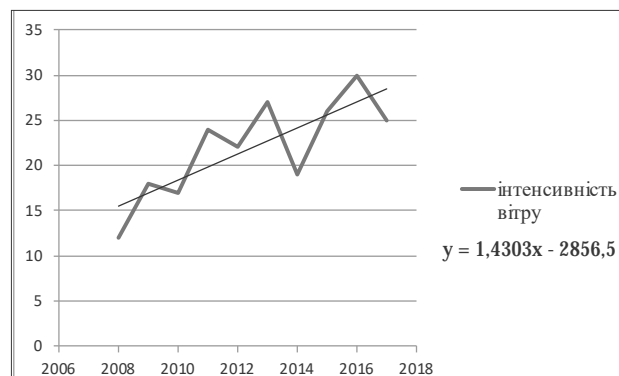


Рис. 2. Графік коливання інтенсивності вітру (за роками)

моделями, на $4,6^{\circ}\text{C}$ [10, с. 15]. Щодо умов зволоження, то зміна загальної суми середньорічних опадів прогнозується несуттєва – в межах 1–2%, тобто умови зволоження майже не відрізняться від попередніх.

Але внаслідок підвищення температури очікується збільшення витрат вологи на фізичне випаровування. Окрім цього, зміни в атмосферних процесах призведуть до збільшення кількості стихійних метеорологічних явищ [8, с. 225], у т. ч. злив і посилення вітрового режиму. Ми проаналізували дані метеорологічної станції ХНАУ ім. В.В. Докучаєва та побудували такі графіки розподілу кількості опадів (рис. 1) і вітру (рис. 2) за останні 10 років.

На рисунках ми можемо спостерігати збільшення частоти й амплітуди прояву метеорологічних явищ. Це, імовірно, підсилить інтенсивність прояву водної ерозії, втрат вологи як на фізичне випаровування, так і на поверхневий стік. Останнє, у свою чергу, спричинить поширення різних забруднюючих елементів, у т. ч. і важких металів у екосистемах.

Водночас зростатимуть ризики виникнення пилових бурь, що негативно впливає не лише на водний режим агроландшафтів, родючість ґрунтів і продуктивність агроєкосистем, а й на екологічну ситуацію в цілому, і спричинить погіршення умови життєдіяльності як сільського, так і міського населення.

Отже, необхідно вживати комплексних науково обґрунтованих адаптивних заходів із раціонального використання наявного нині агроресурсного потенціалу, а також аграрного виробництва в цілому у нових кліматичних умовах.

Реалізація відповідних адаптивних заходів сприятиме підвищенню стійкості та продуктивності агроєкосистем. Особливо важливими будуть заходи, спрямовані на охорону земельних ресурсів від деградації та раціональне використання запасів вологи. В умовах високої потенційної небезпеки прояву ерозійних процесів ефективним буде застосування системного управління поверхневим стоком у межах водозбірних басейнів шляхом впровадження ґрунтоводоохоронної контурно-меліоративної системи землекористування [9, с. 212].

Перспективним напрямком вирішення проблем забруднення ґрунтів важкими металами є фітореMediaція. Її переваги – це абсолютна безпека для довкілля, менші фінансові затрати порівняно з іншими методами та суттєва суспільна підтримка. Під час проведення заходів із фітореMediaції трапляється менше вторинних забруднень, фізичний і гранулометричний склад ґрунтів не погіршується, біологічна активність не зменшується, а продуктивність утримується сталою. Така технологія доцільна для очищення помірно забруднених ґрунтів і є абсолютно безпечною з погляду екології, оскільки не знижує природну родючість ґрунтового покриву, а редує ерозію ґрунту та підвищує його аерацію. Відповідні процеси стимулюють ґрунтову мікрофлору до розкладання органічних забруднень і сприяють поглинанню рослиною шкідливих речовин [6, с. 170].

Висновки з проведеного дослідження. Таким чином, розроблений комплекс агротехнічних заходів, до складу якого необхідно включити збереження та підтримку протиеро-



зійної організації території землекористувань, впровадження екологічно обґрунтованих сіво-змін, ґрунтозахисний обробіток, залуження водостоків, відтворення родючості ґрунтів, повинен виконуватися кожним землевласником і землекористувачем, на чиїх територіях проявляються відповідні небезпечні явища.

У рамках проведення таких комплексних заходів доцільно розширити науково-дослідні програми з удосконалення структури і змісту агроекологічного моніторингу, використовуючи методи дистанційного зондування Землі, ГІС-технологій картографічного моделювання та прогнозування стану довкілля, у т. ч. щодо екологічного стану агроландшафтів, систем землекористування та поверхневих вод.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Беспалько Р.І., Хрищук С.Ю. Стан використання ГІС для потреб сільського господарства. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2013. Вип. 3. С. 122–127.
2. Білецька В.А., Яцечко Н.Є., Павличенко А.В. Дослідження процесів трансформації водорозчинних форм важких металів при детоксикації промислових відходів природними сорбентами. *Наук.-техн. зб. «Розробка родовищ»*. 2013. URL: <http://ir.nmu.org.ua/pdf/2013/20131016-52.pdf>.
3. Давидчук В., сорокіна Л., Родіна В. Методи ландшафтної картографування з використанням ГІС та інших комп'ютерних технологій. Вісник Львів. ун-ту. Серія географ. 2013. Вип. 31. С. 263–270.
4. Мітрясова О.П. Хімічні основи екології: навч. посіб. К. – Ірпінь: Перун, 1999. 192 с.
5. Огляд результативності природоохоронної діяльності: Україна. Серія оглядів результативності природоохоронної діяльності: публікації Організації Об'єднаних Націй. Нью-Йорк – Женева, 2000. № 6. 132 с.
6. Опара В.М., Бузіна І.М., Босенко О.Г. Картографічне моделювання екологічного стану агроеко-систем. Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. 2016. № 45. С. 166–171.
7. П'яте Національне повідомлення України з питань зміни клімату / Держекоінвестагентство. URL: www.seia.gov.ua/seia/doccatalog/document/id=632557.
8. Петришина В.А. Агроекологічне обґрунтування фіторе mediaційної спроможності дикорослих видів рослин: дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.16. К., 2009. 143 с.
9. Рідей Н.М., Тонха О.Л., Шофолов Д.Л. Охорона земель та сталі землекористування: наук.-метод. посіб. Луганськ: ТОВ ПРОГТЕХСНАБ, 2009. 250 с.
10. Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Формування екологічно стійких агроландшафтів в умовах змін клімату. Агроекологічний журнал. 2013. № 4. С. 13–20.