

КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ АГРОЕКОСИСТЕМ

Все частіше в географічних та екологічних дослідженнях використовують картографічне і геоінформаційне моделювання не тільки як засіб візуалізації просторово-часової інформації, але і як механізм її аналізу та оцінювання. Особливо цікавим та перспективним є використання моделей, спрямованих на вирішення актуальних екологічних проблем, зокрема трансформації і забруднення природного середовища, розвитку морфодинамічних процесів.

Екологічне картографування є однією зі складових частин інформаційної системи екологічного управління, що ґрунтується на використанні топографічної інформації та спеціальних екологічних карт. До його складу входять способи збору, аналізу та картографічного представлення інформації про стан навколишнього середовища проживання людини та інших біологічних видів і екологічну обстановку. Метою екологічного картографування є аналіз та візуалізація екологічної ситуації та її динаміки, тобто виявлення просторової і часової мінливості факторів природного середовища, які впливають на здоров'я людини і стан екосистеми.

Ключові слова: геоінформаційне моделювання, ГІС-проекти, цифрова модель рельєфу, важкі метали, агроекосистема, полігон, тверді побутові відходи.

В. Н. Опара, І. Н. Бузіна, Е. Г. Босенко. КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМ. Все чаще в географических и экологических исследованиях используют картографическое и геоинформационное моделирование не только как средство визуализации пространственно-временной информации, но и как механизм ее анализа и оценивания. Особенно интересным и перспективным является использование моделей, направленных на решение актуальных экологических проблем, в частности трансформации и загрязнения естественной среды, развития морфодинамических процессов.

Экологическое картографирование является одной из составных частей информационной системы экологического управления, которая основывается на использовании топографической информации и специальных экологических карт. В его состав входят способы сбора, анализа и картографического представления информации о состоянии окружающей среды обитания человека и других биологических видов и экологической обстановке. Целью экологического картографирования является анализ и визуализация экологической ситуации и ее динамики, то есть выявление пространственной и часовой изменчивости факторов естественной среды, которые влияют на здоровье человека и состояние экосистемы.

Ключевые слова: геоинформационное моделирование, ГИС-проекты, цифровая модель рельефа, тяжелые металлы, агроэкосистема, полигон, твердые бытовые отходы.

Актуальність. Картографічне моделювання стану земельних ресурсів є новим актуальним проблемно-орієнтованим напрямом тематичної картографії та екології, який характеризується різноманіттям теоретичних установок і спрямований на вирішення конкретних прикладних задач. Його сутність полягає у інформаційній взаємодії між базами даних земельно-кадастрової інформації шляхом побудови спектру картографічних моделей, які відображають стан, використання земельних ресурсів, господарські та економічні проблеми, управлінські завдання [1-3]. При цьому геоінформаційні системи дають змогу у зручному вигляді відображати вихідну інформацію та використовувати отримані в результаті картографічного моделювання стану земельних ресурсів електронні картографічні моделі для проведення наукових досліджень і вирішення практичних завдань оптимізації використання земельно-ресурсного потенціалу України.

Головною специфічною рисою картографічного моделювання стану земельних ресурсів є його проблемна орієнтованість, яка передбачає цілеспрямоване (за тематикою, потенційним користувачем) проектування, створення та практичне використання картографічних моделей, що виступають в якості інструменту для вирішення

конкретних завдань в межах вузької галузеворієнтованої спрямованості – вивчення стану земельних ресурсів.

У своїх дослідженнях відомі вчені Третяк А.М. та Другак В.М. виділяють групи науково-методичних підходів, що забезпечують даний механізм. Важливу роль серед цих підходів має ландшафтно-екологічний.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні в Україні накопичений вагомий досвід як картографічного, так і геоінформаційного моделювання стану елементів природного довкілля. Проте залишилося ще багато “білих плям” в питанні створення ГІС-моделей і їх методичного обґрунтування.

Не дивлячись на різні цілі і завдання, які ставилися перед дослідниками, головною вимогою була побудова ГІС-моделей, що вирішувалося за раніше розробленим алгоритмом [2, 3], який поєднував:

1) збір інформації. Включає підбір карт і відповідного програмного ГІС-забезпечення, сканування, підготовку (зшивання окремих листів, налаштування якості зображення і т. ін.) і геокодування картографічного зображення;

2) векторизація інформації з використанням технологій перетворення растрового зображення у векторне;

3) обробку векторних даних для перевірки і виправлення топологічних характеристик об'єктів, створення атрибутивної бази даних;

4) створення цифрової моделі місцевості з обранням оптимального способу відображення форм рельєфу;

5) побудова моделей, які відображають основні морфометричні і морфологічні характеристики рельєфу і інших компонентів природного довкілля, створення тематичних карт (грунтової, гідрологічної, ландшафтної та ін.);

6) опрацювання різночасних аеро- і космічних знімків з метою визначення структури землі і природокористування території;

7) збір і опрацювання геоecологічної інформації, створення бази даних, складання серії ecологічних і природоохоронних карт;

8) виділення водозахисних, протиерозійних, санітарних і інших захисних зон на основі геоecологічної інформації;

9) удосконалення системи геоecологічного моніторингу і раціонального використання природних ресурсів;

10) розробка оптимізаційних заходів, направлених на поліпшення ecологічної ситуації і удосконалення схеми територіального планування [3].

Геоінформаційне моделювання увібрало в себе останні досягнення картографічного і математичного моделювання просторових даних в географії і ecології. На цій основі виник геоінформаційний підхід до ecологічного картографування. У роботі нами використані організаційні принципи і методичні прийоми створення ГІС-проектів, які розглянуті у ряді вітчизняних і закордонних монографій і публікацій.

Увага вчених-ecологів до техногенних джерел надходження важких металів в біосферу останнім часом пояснюється збільшенням об'ємів промислових викидів і відходів [4-5], що обумовило тематику наших досліджень.

Під час високого рівня забруднення ґрунтів відбувається не лише процес зміни і перебудови співвідношення мікроорганізмів, яке дуже сильно відрізняється від незабрудненого, але і зміна деяких хімічних і фізичних властивостей ґрунту [6-8, 9].

До тих пір, поки важкі метали міцно зв'язані із складовими частинами ґрунту і важкодоступні, їх негативний вплив на ґрунт і довкілля буде незначним. Проте, якщо ґрунтові умови дозволяють перейти важким металам в ґрунтовий розчин, з'являється пряма загроза забруднення, виникає можливість їх проникнення у рослини, а

також в організми людей і тварин, які споживають ці рослини чи вироблену з них продукцію [7,9].

Крім того, важкі метали можуть бути забрудниками рослин і водоймищ в результаті використання мулу стічних вод. Загроза забруднення ґрунтів і рослин залежить від виду рослин, форм хімічних сполук в ґрунті, наявності елементів, які протидіють впливу важких металів і речовин, що утворюють з ними комплексні зв'язки, адсорбції і десорбції, кількості доступних форм цих металів в ґрунті і ґрунтово-кліматичних умов. Отже, негативний вплив важких металів залежить істотно від їхньої форми, тобто, розчинності [10].

Останнім часом різко збільшилася кількість нових фракцій у складі відходів, таких як одноразовий посуд, полімерні упаковки, підгузники, картонна тара, упаковки з нанесеним кольоровим друком. Гнучка упаковка в основній своїй масі виготовляється з полімерних матеріалів з унікальними властивостями. Всі технології виготовлення полімерів, які існують в даний час, розраховані на нафтову сировину. Крім того, утилізувати полімери дуже складно [11,12].

У науковій літературі представлено численні результати досліджень щодо шкідливої дії важких металів на навколишнє природне середовище. Разом з тим питання, присвячені способам запобігання накопичення важких металів у ґрунтах відображені значно гірше. Перспективним напрямком вирішення подібних проблем є фітореMediaція [13-16]. Її перевагами є те, що методика абсолютно нешкідлива для довкілля, дешева від інших методів та має суттєву суспільну підтримку. Під час фітореMediaції відбувається менше вторинних забруднень, фізичний і гранулометричний склад ґрунтів не псується, біологічна активність не зменшується, а продуктивність утримується сталою. Дана технологія найбільш зручна для очищення помірно забруднених ґрунтів, де не потрібно повного видалення забруднення [17,18]. Така технологія є абсолютно безпечною із ecологічної точки зору, оскільки не знищує природну родючість ґрунтового покриву, а редукує ерозію ґрунту та підвищує його аерацію. Такі процеси стимулюють ґрунтову мікрофлору до розкладання органічних забруднень і сприяють поглинанню рослиною шкідливих речовин [19].

Метою статті є аналіз ecологічного стану агроecосистем навколо полігонів твердих побутових відходів за допомогою картографічного моделювання та визначення перспективних напрямків його відновлення.

Виклад основного матеріалу. На початковому етапі наших досліджень підготовка основ-

ного картографічного зображення та оцифрування растру фрагменту топографічної карти дала можливість створити цифрову модель рельєфу і окремі перспективні плани на ключові ділянки. На основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР) створені карти крутизни і експозиції схилів. Одночасно зроблені обходи декількома різними маршрутами і GPS-виміри з метою уточнення прив'язки території, проведено підготовче польове знімання ключової ділянки, яка дала можливість з'ясувати сучасну географічну ситуацію. Найбільша увага приділена формуванню блоку ландшафтно-екологічній інформації, в якому може також відобразитися структура гірничопромислових геоконструкцій, ступінь їх антропогенної трансформованості, рівень хімічного і радіоактивного забруднення.

Для проведення наших досліджень були обрані землі навчально-дослідного господарства ХНАУ ім. В.В. Докучаєва сільськогосподарського призначення довкола приватного підприємства «Перероблюючий завод», де були відібрані зразки ґрунту з верхнього родючого шару і визначений вміст рухомих форм важких металів за методом спектрометрії атомної абсорбції.

Зразки ґрунтів відбиралися в чотирьох напрямках від сміттєзвалища: північно-східному, південно-західному, північно-західному і південно-східному, методом конверта (середня проба містить не менше, ніж п'ять точкових проб, які узяті з однієї дослідної ділянки). Глибина відбору зразків 0-20 см і 20-40 см. У відібраних зразках визначали вміст рухомих форм таких важких металів: феруму, мангану, цинку, купруму, нікелю, плумбуму, хрому і кадмію (рис. 1).

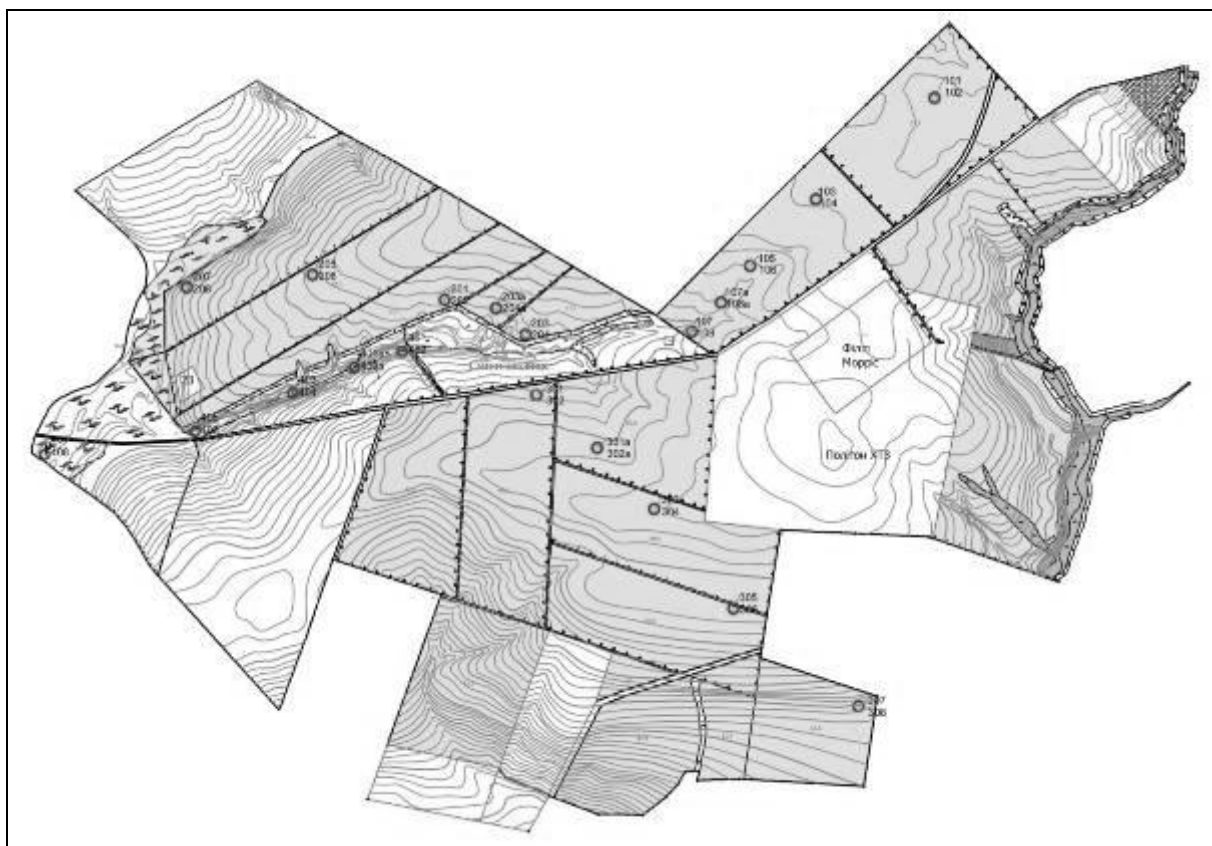


Рис. 1. Схема розташування зразків ґрунту на території досліджуваної агроєкосистеми

В ході проведення досліджень, побудови математичної моделі процесів акумуляції важких металів та аналізу статистичної обробки отриманих результатів за допомогою інтегрованої системи аналізу і управління даними «STATISTICA» (Statsoft) [20] було виявлено, що поширення важких металів на досліджуваній території головним чином залежить від висоти рельєфу території. Тобто, з пониженням рельєфу відбувається змив і винесення з ґрунтовими водами рухомих форм важких металів на сільськогосподарські поля і

прилеглі території, а саме: водні об'єкти, які використовуються місцевими жителями для купання і рибної ловлі, природні джерела, де постійно спостерігається забір питної води.

За допомогою програмного комплексу Surfer 9, була створена двовимірна цифрова модель досліджуваної території (рис. 2). На основі даної моделі була створена тривимірна модель, яка відображає дійсний рельєф території, скелет місцевості (лінії вододілів, тальвегів, водозбірні басейни) і зони, в яких відбувається накопичення

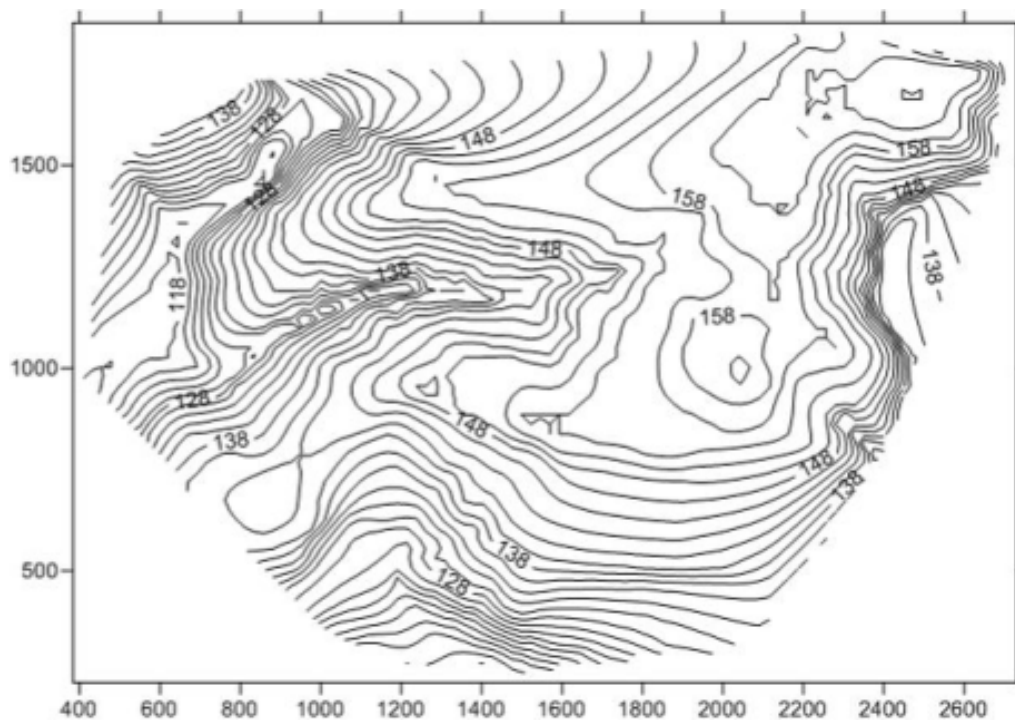


Рис. 2. Двовимірна цифрова модель рельєфу території навчально-дослідного господарства «Докучаєвське» (суцільні горизонталі проведені через 2 м)

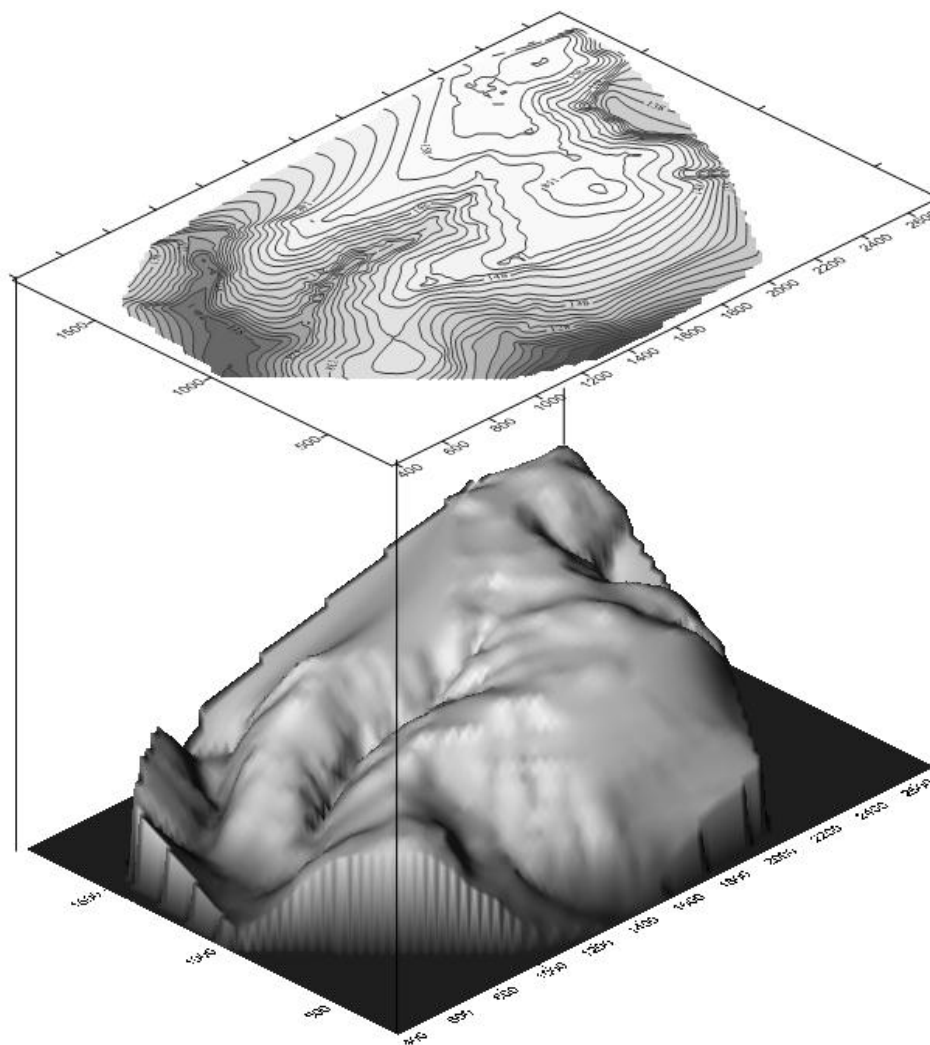


Рис. 3. Тривимірна цифрова модель рельєфу території досліджуваного господарства (суцільні горизонталі проведені через 2 м)

шкідливих елементів (чим темніший колір, тим більша концентрація важких металів) (рис. 3).

На основі проведених досліджень і графічних побудов проведені розрахунки і досліджена кількість шкідливих елементів, які потрапляють в природне довкілля.

Різноманітність побутових і промислових відходів, які поступають на полігони твердих побутових відходів (ТПВ), зумовила значні відмінності у вмісті хімічних елементів в складованих субстратах. Апробація дрібних фракцій муніципальних відходів на багаточисельних полігонах дозволяє виявити значний діапазон вмісту важких металів в субстратах ТПВ: Cd - від 9,5 до 1290 мг/кг; Cu - від 5,0 до 20000; Ni - від 4,0 до 512; Zn - від 34,6 до 7680; Mn - від 65,0 до 1212; Cr - від 10,4 до 2797 мг/кг.

Таким чином, довкола полігонів твердих побутових відходів існує небезпека забруднення

довкілля за рахунок винесення забруднюючих речовин від фільтратів, які вивільнюються з тіла полігонів, а також при контакті атмосферних опадів з субстратами полігонів.

«Переробляючий завод» (сmt. Рогань), який розташований на території Державного підприємства навчально-дослідного господарства «Докучаєвське» було засновано офіційно в 2002 році. На 2016 рік за офіційними даними його потужність складає 13960148,8 м³ сміття.

Тобто приблизно 997153,49 м³ за рік. 80 % ≈ 11168119 м³ накопиченого сміття за проектом складають ТПВ, 20 % ≈ 2792029,8 м³ складають відходи II і III класів небезпеки. Поділ на фракції не проводиться, відходи не переробляються. Враховуючи середню щільність ТПВ, яка складає 0,19 - 0,23 т/м³, на 2016 рік на сміттєзвалищі знаходиться 3210834,2т відходів.

Таблиця 1

Вихід важких металів із субстрату полігону ТПВ, кг

Метали	Плюмбум	Купрум	Цинк	Хром	Нікель	Кадмій	Манган
В серед. за рік	4586312,5	1994995,1	769337,1	279967,5	51458,0	129442,8	127348,6
Всього	50449437,5	21944946,1	8462708,1	3079642,5	566038,0	1423870,8	1400834,6

Джерело: розрахунки автора

Згідно даних таблиці 1 кількість важких металів, які потрапляють в навколишнє природне середовище надзвичайно велика. Частина їх потрапляє в ґрунти, ґрунтові води, частина утворює різні небезпечні сполуки, але всі вони представляють небезпеку для навколишніх екосистем. За даними досліджень морфологічного складу тверді побутові відходи, які утворюються в м. Харкові і складаються на даному полігоні, в середньому містять (у % за масою):

- у житловому секторі: харчові відходи – 54,07 %, папір і картон – 7,61 %, полімери – 7,71%, скло – 6,3 %, чорні метали – 2,18 %, кольорові метали – 0,23 %;

- на підприємствах неvirробничої сфери (нежитловий сектор): харчові відходи – 22,68 %, папір і картон – 29,84 %, полімери – 11,91 %, скло – 10,72 %, чорні метали – 2,7 %, кольорові метали – 2,17 %.

В цілому ж, морфологічний склад досліджуваного сміттєзвалища наступний: харчові відходи, папір і картон, полімери, скло, чорні метали, кольорові метали, текстиль, деревина, небезпечні відходи (батареї, сухі і електролітичні акумулятори, тара від розчинників, фарб, ртутні лампи, телевізійні кінескопи), які при згоранні або розкладанні виділяють кадмієві сполуки, сполуки ртуті, аміак, сполуки міді, сполуки цинку, сполуки кобальту; кістки, шкіра, гума, залишок твердих побутових відходів після виключення компо-

нентів (дрібне будівельне сміття, каміння, вуличне сміття).

Висновки. Підсумовуючи проведені дослідження на території навчально-дослідного господарства «Докучаєвське» навколо полігону твердих побутових відходів «Перероблюючий завод» хотілося б зазначити наступне:

- отримані результати дають підстави говорити про розбалансований і екологічно нестабільний стан територій і необхідність проведення термінових агротехнічних заходів з їх відновлення;

- зонами найбільшого забруднення виявилися ділянки з пониженням рельєфу, що пояснюється стоком підґрунтових вод;

- у результаті забруднення важкими металами ґрунтів врожайність сільськогосподарських культур за даними вчених (Дегодюк Е.Г., Шанда В.І., Линдиман А.В.) може бути нижчою за звичайну більш ніж на 10 %, тобто вміст хімічних елементів досягає токсичної концентрації. При цьому, мікроелементи і важкі метали (або ультрамікроелементи) проявляють хоча і різну, але токсичну дію на рослини.

Ситуація, яку показали отримані нами результати, не є критичною, що було забезпечено збалансованим використанням і ґрунтозахисними технологіями. Але, спираючись на багаторічний досвід і результати досліджень інших територій, необхідно прикласти максимум зусиль,

щоб не допустити погіршення природного стану території до незадовільного рівня. Для цього пропонується розробити і забезпечити виконання низки заходів за допомогою фітотехнологій, дослідити, які культурні рослини забезпечать поліпшення стану ґрунтів і не накопичуватимуть шкідливі речовини в своїх споживаних органах, а також створити екологічні карти території для спостереження і моделювання перспектив стану ґрунтів навколо сміттєзвалища.

Використання картографічного і геоінформаційного моделювання господарських екосистем матиме широке практичне застосування в недалекому майбутньому. Разом з цим, залишається ще багато складних, часом далеко неоднозначних, науково методологічних і методичних питань на перетині класичної картографії і геоінформатики, які слід вирішувати вже сьогодні.

Література

1. Коновалова Т. И. Методика среднemasштабного картографирования геосистем / Т. И. Коновалова // Геодезия и картография. – 2009. – №3. – С. 15–22.
2. Ковальчук І. П. Інформаційне і програмне забезпечення створення атласу земельних ресурсів адміністративного району / І. П. Андрейчук Ю. М. Ковальчук, Є. А. Іванов // Часопис картографії, 2012. – Вип. 1. – С. 88–101.
3. Давидчук В. Методи ландшафтного картографування з використанням ГІС та інших комп'ютерних технологій : [текст] / В. Давидчук, Л. Сорокіна, В. Родіна // Вісник Львів. ун-ту. Серія географ. – Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 2013. – Вип. 31. – С. 263–270.
4. Білецька В.А. Дослідження процесів трансформації водорозчинних форм важких металів при детоксикації промислових відходів природними сорбентами [Електронний ресурс] / В. А. Білецька, Н. Є. Яцечко, А. В. Павличенко // Наук.-техн. зб. «Розробка родовищ», 2013. – Режим доступу: <http://rr.ntnu.org.ua/pdf/2013/20131016-52.pdf>
5. Бреславець А. І. Техногенно забруднені ґрунти та шляхи їх поліпшення [Електронний ресурс] / А. І. Бреславець, А. І. Юрченко // Зб. наук. пр. Укр. наук.-дослід. ін-ту екол. проблем. – Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Ponp/2009/2009-Articles/UkrNDI-EP_2009_17.pdf
6. Булигін С. Ю. Оцінка і прогноз якості земель / С. Ю. Булигін, А. В. Барвінський, А. О. Ачасова. – Х.: ХНАУ, 2006. – 262 с.
7. Попович О. Р. Проблеми утилізації твердих побутових та промислових відходів Львівської області / О. Р. Попович, О. Р. Ярема. – Львів.: Нац. ун-т “Львівська політехніка”, 2008. – С. 258–261.
8. Environmental Assessment of Agro Ecosystems – Ukrainian's experience / N. Ridei, V. Strokal and D. Shofolov // The international conference on 'Land Quality and Land Use Information in the European Union' was held on 26–27 May 2011 in Keszthely, Hungary. – 2011. – P. 267–279.
9. Патица В. П. Фітопатогенні бактерії і сталій розвиток агроекосистем / В. П. Патица // XII з'їзд товариства мікробіологів України ім. СМ. Виноградського: Тези допов. – Ужгород: Патент. – 2009. – С. 327.
10. Пастухова Н. Л. Детоксикація тяжєлых металлов у растений [Електронний ресурс] / Н. Л. Пастухова; Донец. обл. ін-т послєдиплом. пед. образования. – Режим доступа: http://www.nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/reop/2008/218-226.pdf
11. Кравець О. П. Сучасний стан та проблеми фітоочищення ґрунтів від радіонуклідів і важких металів / О. П. Кравець // Физиология и биохимия культ. растений, 2002. – № 34(5). – С. 377–386.
12. Мислива Т. М. Важкі метали в урбоєдафотонах і фітоценозах на території м. Житомира / Т. М. Мислива, Л. О. Онопрієнко. – Вісн. ХНАУ. – 2009. – № 1. – С. 89–95.
13. Гирля Л. М. Фіторемерація – ефективний шлях зниження вмісту важких металів у ґрунтах / Л. М. Гирля // Екологія: Наук. пр. – Вип. 140. – Т. 152. – 2011. – С. 57–59.
14. Задніпровська А. В. Маловитратні технології для оздоровлення довкілля / А. В. Задніпровська / Коммун. хоз-во городов: науч.-техн. сб. – 2008. – № 86. – С. 159–166.
15. Zalewski M. Guidelines for the Integrated Management of the Watershed: Phytotech-nology and Ecohydrology. Published By United Nations Environment Programme (Freshwater Management Series No 5). – 2005. – 188 p.
16. Петришина В. А. Агроєкологічне обґрунтування фіторемераційної спроможності дикорослих видів рослин: дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.16 / Віталіна Анатоліївна Петришина. – К., 2009. – 143 с.
17. Джура Н. М. Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів / Н. М. Джура // Біологічні студії – 2011. – Т. 5. – №3. – С. 183–196.
18. Моклячук Л. І. Науково-методичні основи екотоксикологічного моніторингу і ремерації забруднених органічними ксенобіотиками ґрунтів: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.16 / Л. І. Моклячук; Інститут агроєкології УААН. – К., 2008. – 40 с.
19. Моклячук Л. Екологічне обґрунтування фіторемерації забруднених трифлураліном ґрунтів / Л. Моклячук, Ю. Зацарінна, М. Драга // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. Біологія. – Львів, 2012. – Вип. 58. – С. 131–138.
20. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. Боровиков. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.