

УДК 551.436:470.44+551.4.012

Н. В. МАКСИМЕНКО, канд. геогр. наук, доц., **А. А. КЛЄЩ**, студ.
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЛАНДШАФТІВ БАСЕЙНОВОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

На основі топографічної карти, польового обстеження території полігону «Балаклійський» і лабораторного аналізу зразків снігового покриву створено двомірну модель просторового розподілу екотоксикантів, що депонуються з атмосфери до ландшафтів басейнової конфігурації, для забезпечення подальшого фрактального аналізу закономірностей розподілу поллютантів у ландшафтних системах більш високого рівня.

Ключові слова: ландшафтно-територіальні системи, басейнова конфігурація, геоінформаційне моделювання, фрактальність, токсичність, сніговий покрив, біотестування

На основе топографической карты, полевого обследования территории полигона «Балакле́йский» и лабораторного анализа образцов снежного покрова создана двухмерная модель пространственного распределения экотоксикантов, депонирующихся из атмосферы, в ландшафты бассейновой конфигурации, для обеспечения последующего фрактального анализа закономерностей распределения поллютантов в ландшафтных системах более высокого уровня.

Ключевые слова: ландшафтно-территориальные системы, бассейновая конфигурация, геоинформационное моделирование, фрактальность, токсичность, снежный покров, биотестирование

On the basis of topographical card, field inspection of territory of ground of «Balakleyskiy» and labtest of standards of snow-cover the two-dimensional model of the spatial distributing of ecotoxically, deposited from an atmosphere is created, in the landscapes of pool configuration, for providing of subsequent fractal analysis of conformities to the law of distributing of pollutions in the landscape systems more high level.

Keywords: landscape are the territorial systems, pool configuration, GIS-design, fractal, toxic, snow-cover, biotesting

Вступ. Діяльність людини значною мірою впливає на властивості ландшафтів. Нагальна потреба забезпечення екологічної безпеки ландшафтно-територіальних систем (ЛТС) з'явилася у зв'язку з прогресуючим наростанням антропогенного навантаження на природне середовище. Дослідження закономірностей геохімічних процесів у ландшафтах, зумовлених антропогенними чинниками покликані вирішити ряд питань:

➤ надання кількісної оцінки стійкості ЛТС різних рангів;

➤ попередження кризових екологічних ситуацій ландшафту (наприклад, деградація структури або отруєння компонентів ландшафту);

➤ розробки рекомендованих управлінських рішень, що забезпечать оптимізацію використання природно-ресурсного потенціалу.

Питання встановлення закономірностей міграції екотоксикантів та їх перерозподіл між компонентами ЛТС набуло значного розвитку починаючи з 50-70 рр. XX ст. Визначення проблематики питання започатковано працями Б. Б. Полинова, що встановлюють ландшафтну методологію експерименталь-

них досліджень горизонтальних та вертикальних зв'язків.

Окреслюючи вклад дослідників до вирішення даної проблеми не можна не виділити праці А. И. Перельмана [1, 2] та М. А. Глазовської [3], які фактично є фундаторами уявлень про розвиток ландшафтно-геохімічних систем, розробки ландшафтного районування та теорій геохімії техногенезу. Завдяки теоретичним розробкам Ф. Н. Мількова (1973, 1978) активізується практичний аспект рішення проблеми: впроваджується застосування кількісних методів визначення речовинно-енергетичного обміну.

У роботі пропонується акцентувати увагу на дослідженні характерних шляхів розподілу привнесених ксенокомпонентів до ЛТС басейнової конфігурації. Зручність використання саме басейнової конфігурації у ландшафтно-екологічних дослідженнях обґрунтована територіальною визначеністю і функціональністю власне самого басейну. За М. Д. Гродзинським [8] басейнова ЛТС виступає в якості оптимальної «територіальної одиниці менеджменту природних ресурсів і ... організації експериментальних досліджень». Дане визначення підтверджує тенденція використання басейнової ЛТС як об'єкту досліджень у фундаментальних працях Я. Демка, К. Дьяконова, Л. Коритного, О. Ретюма, Р. Чорлі-Б. Кеннеді. Особливої уваги потребує розгляд робіт Burrough P. A. [4] та Forman R. T. T. [5].

Сучасні потреби ландшафтно-екологічних досліджень вимагають швидкісного надання високоякісної статистичної обробки, аналізу та синтезу результатів експериментальних досліджень. Задовольнити вказані вимоги має застосування локальних географічних інформаційних систем (ГІС). На виклик інформаційної ери наукових досліджень сформовано основи геоінформаційно

го аспекту досліджень ЛТС басейнової конфігурації на парадигмально-концептуальному рівні. Найбільш переконливо цю рису досліджень подають публікації С. В. Кострікова [6, 7], де акцентується увага на фрактальній природі ландшафтів басейнової конфігурації.

Мета роботи – геоінформаційне моделювання просторового розподілу екотоксикантів, що депонуються з атмосфери до ландшафтів басейнової конфігурації, як підґрунтя подальшого фрактального аналізу закономірностей розподілу політантів у ландшафтних системах більш високого рівня.

Результати камерального етапу дослідження. Для дослідження горизонтального розподілу депонованих забруднюючих речовин обрано тестовий полігон «Балаклійський», що розташований в Харківській області, Балаклійському районі, між с. Червона Степ та с. Яковенково.

Місцевості, на якій розташований тестовий полігон, притаманний річково-долинний тип рельєфу. Власне ландшафт полігону «Балаклійський» являє собою яружно-балкову систему. Басейнову конфігурацію полігону визначають як руслові так і не руслові водотоки (що власне кажучи і визначає ландшафтознавчий підхід), територіальний устрій басейнів яких було визначено за класифікацією порядків басейнів Р.Хортон - А.Сталлера.

Надано комплексну характеристику досліджуваного басейнового ландшафту ґрутуючись на «Типології басейнів за зв'язком водотоку з їх силовою та рівнинною частинами» за М. Д. Гродзинським [8].

Територія тестового полігону визначена як «басейн сильної залежності водотоку від

Таблиця 1

Опис водотоків полігону «Балаклійський»

| Наявні руслові водотоки | | | Наявні неруслові водотоки | | |
|-------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|
| Порядок басейну | Тип функціонування | Кількість водотоків | Порядок басейну | Тип функціонування | Кількість водотоків |
| 1-ший | сезонний | 3 | 1-ший | сезонний | 10 |
| 2-гий | постійний | 1 | | | |
| 3-ті | постійний | 1 | | | |

силової та рівнинної частини» за таких морфометричних ознак басейну як вузька заплава, увігнуті схили, вузькі вододіли, U- та коритоподібні за поперечною формою балки та яри, з розораними пологими схилами. Визначення сильної залежності басейну від гідрохімічних показників водотоку мотивує використання полігону як індикатора оцінки екологічної безпеки басейнових ЛТС.

Під час проведення комплексу рекогносциувальних робіт встановлено, що територія полігону знаходиться під впливом таких промислових об'єктів: Зміївська ТЕЦ, ОАО «Евроцемент», ООО «Хенкель Баутехнік», що розташовані у північно-західному та південно-західному напрямі, відповідно.

Результати польового та лабораторного етапів дослідження. З метою встановлення механізмів розподілу забруднюючих речовин у ландшафті експериментального полігону на тлі топографічної карти (зйомка 1985 р.) запропоновано обрати реперні точки відбору проб снігового покриву (рис.1), які характеризують специфічність основних міграційних потоків.

Відбір проб відбувся 20 лютого 2010. Зразки снігового покриву відбиралися методом «конверта» – змішуючи 5 проб однієї ключової ділянки.

Аналіз відібраних зразків здійснювався в атестованій лабораторії біологічних досліджень і біотестування Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем. Визначення показників токсичності зразків снігового покриву проводилось засобами біотестування, що дають змогу моделювати наслідки впливу забруднюючих речовин на біоту.

В ході проведення лабораторного експерименту, використано наступні методики:

- «Методика визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg» (КНД 211.1.4.055-97);
- «Методика визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg» (КНД 211.1.4.055-97);
- Уніфікована методика «Фітотест» на основі Методичних рекомендацій «Біотест на пророщування насіння» (МР 2.1.7.2297-07).

Зразки снігового покриву були належним чином підготовлені до проведення лабораторного дослідження: водні витяжки нагріті до

температури 25⁰С та профільтровані через фільтрувальний папір.

Методики визначення гострої летальної та хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg ґрунтуються на встановленні різниці між кількістю загинувших церіодафній і (або) зменшенні кількості новонароджених особин у воді, що аналізується (дослід), та воді, яка не містить токсичних речовин (контроль). Критерієм токсичності є розрахований статистично вірогідний критерій Ст'юдента.

В результаті лабораторного дослідження встановлено відсутність гострої летальної токсичності води зразків снігового покриву. Проте встановлено наявність хронічної токсичності води зразків снігового покриву за наступними даними, що свідчать про неоднорідність розподілу токсичних речовин у ландшафтах (рис.2). Встановлена мінімальна кратність розбавлення за якої хронічна токсичність не виявляється для проб №3 та №7 і дорівнює двократному розбавленню проби води.

З аналізу отриманих даних біотестування на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, було встановлено, що проби 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11 виявляють відносно інших зразків порівняно високий рівень показників токсичності. Близьке місце розташування зразків 1, 2, 3, 4, 6, 7 дає змогу утворити просторову цілісну єдність. Для виявлення більш детальної тенденції розподілу токсичності повторно проаналізовано проби 1-7 за допомогою тест-об'єкта, з іншим критерієм чутливості. Для повторного аналізу використовувалася уніфікована методика «Фітотест» на основі Методичних рекомендацій «Біотест на пророщування насіння».

Принцип методу ґрунтується на здатності насіння вищих рослин адекватно реагувати на екзогенний хімічний вплив шляхом зміни інтенсивності пророщування коріння і проростків, що дозволяє довжину останніх прийняти за показник тест-функції. Критерієм шкідливого впливу є сповільнення росту коріння і проростків у насіння. Як тест об'єкт використано насіння кукурудзи сорту ПР39Д81, схожість якої перевірено за вимогами даної методики.

В ході експерименту встановлені наступні показники довжини проростів та коріння (рис.3, рис.4).

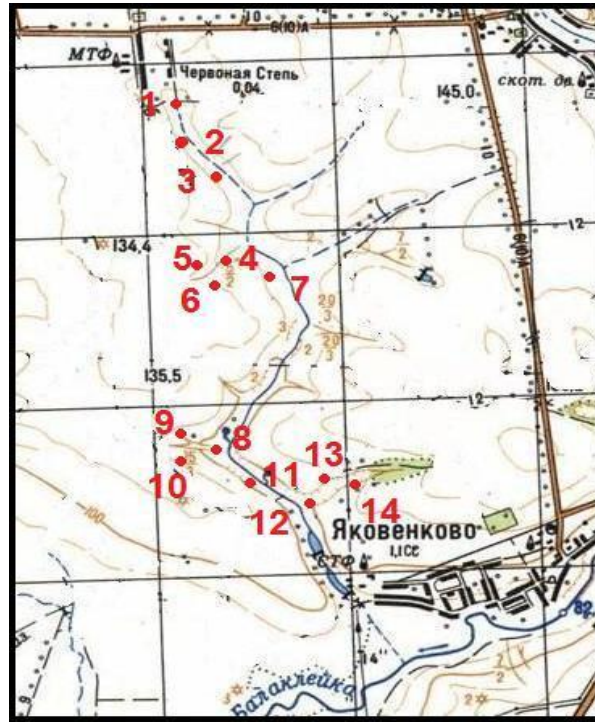


Рисунок 1 – Дислокація реперних точок відбору проб снігового покриву полігону «Балаклійський» (на фрагменті топографічної карти)

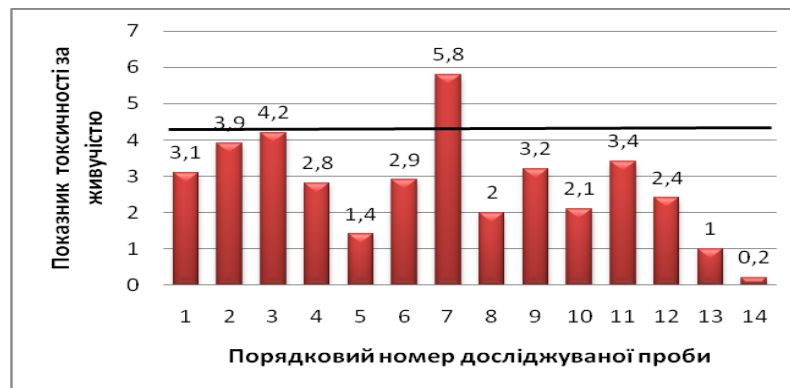


Рисунок 2 – Показники токсичності зразків снігового покриву за плодючістю відносно контролю



Рисунок 3 – Виміряні показники довжини коріння (мм) відносно контролю



Рисунок 4 – Виміряні показники довжини проросту (мм) відносно контролю

Аналіз отриманих даних щодо визначення токсичності дав неоднозначні результати. Щодо сумарного показника довжини коріння і проросту у пробах №1, 6, 7 встановлено інгібування росту, внаслідок надмірного вмісту токсичних речовин у водній витяжці зразка. Порівняння результатів аналізів з використанням різних тест-об'єктів дало змогу висунути припущення, що вміст токсичних речовин у зразках з точок №№ 2, 3, 4, 5 знаходиться у тому діапазоні концентрації, що визначає стимулюючу дію на процес проростання насіння вищих рослин («ефект добрива»). Фактичне співставлення отриманих показників різних тест-систем дає змогу говорити про високу вірогідність результатів.

Результати геоінформаційної обробки даних. Геоінформаційна обробка отриманих результатів лабораторних досліджень проводилась в середовищі картографічної програми MapInfo Proffesional 8.5. Для досягнення поставленої мети виконано оцифрування фрагменту великомасштабної топографічної карти (зйомка 1985 р.) тестового полігону та зроблена географічна прив'язка території (реєстрація растрового зображення).

Візуалізація результатів дослідження по оцінці токсичності снігового покриву досягається шляхом створення тематичної карти тестового полігону «Балаклійський» (рис.5).

Результати дослідження, зображені на моделі, мають вид растрової поверхні з безперервним кольоровим заповненням карти (Grid), де точки відбору проб мають числові значення, що відносяться до місця їх дислокації. Інтерполяція проводилась методом середньозважених з вагами обернено пропорційних відстані (IDW), що розраховує величину показника токсичності в вузлах регулярної решітки. Оскільки розрахована інтер-

поляція обернено пропорційно до відстані, то з віддаленням від вузла сітки зменшується вплив значення показника токсичності точкового об'єкту (місце відбору проб).

Таким чином, створена двовірна модель розподілу показників токсичності снігового покриву у ЛТС басейнової конфігурації (на прикладі тестового полігону «Балаклійський») дозволяє зробити моментальний розрахунок інтерпольованих результатів на будь-якій заданій точці растрової поверхні, а з урахуванням фрактальності ЛТС отримана модель може бути використана для аналізу розподілу токсикантів у межах будь-якого ландшафту басейнової конфігурації.

Висновки. Результатом дослідження є:

✓ Виявлено відсутність гострої летальної токсичності та встановлено хронічну токсичність зразків снігового покриву на основі комплексної оцінки екологічного стану снігового покриву басейнової ЛТС полігону «Балаклійський» засобами біотестування.

✓ Встановлено, що територія полігону протягом зимового сезону періодично потрапляє в зону впливу підприємств Балаклійського промвузлу.

✓ Визначено неоднорідність у просторовому розподілі показників токсичності снігового покриву, встановлених біотестуванням, що дозволяє зробити висновок про домінуючу роль ландшафтно-геохімічних характеристик і морфометричних показників рельєфу у переміщенні забруднюючих речовин.

✓ Виконана геоінформаційна обробка отриманих результатів лабораторних досліджень дозволила наочно відобразити дані та оперативно інтерпольовати результати для будь-якої точки полігону.

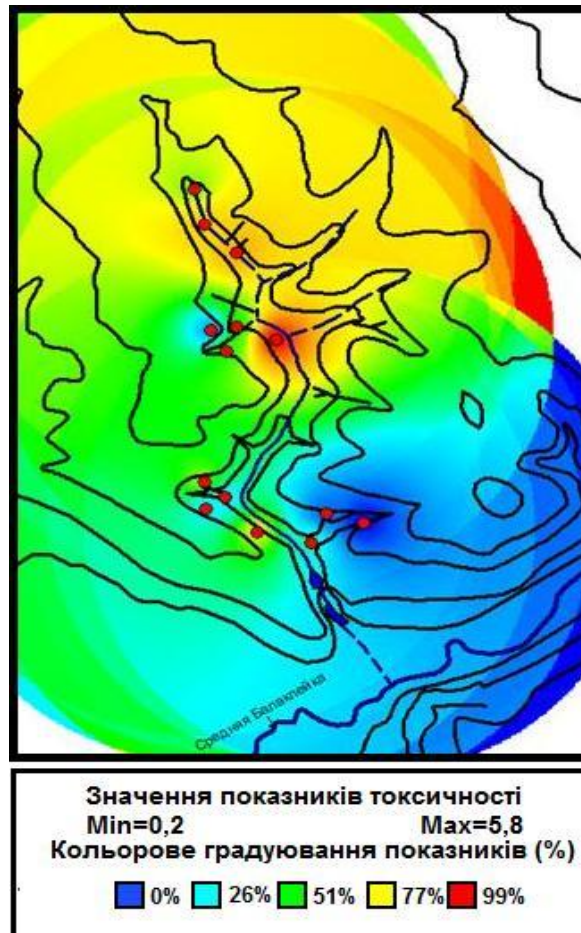


Рисунок 5 – Показники хронічної токсичності снігового покриву тестового полігону «Балаклійський»

✓ Створена базова інформаційно-графічна модель тестового полігону для забезпечення реалізації можливості подальшого фрактального аналізу і прогнозу розвитку екологічної ситуації у аналогічних ландшафтно-територіальних системах басейнової конфігурації, яка дозволяє шляхом залучення додаткових тест-об'єктів підвищувати ступінь точності прогнозу з врахуванням багатofакторності екологічного аналізу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Перельман А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М. : МГУ, 1991. – 610 с.
2. Перельман А. И. Геохимия / А. И. Перельман. – М. : Высшая школа, 1988. – 527 с.
3. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов / М. А. Глазовская. – М. : Высшая школа, 1988. – 328 с.
4. Burrough P. A. Fractal dimension of landscapes and other environmental data / P. A. Burrough // Nature. – 1981.-No 294. – P. 241-243.

5. Forman R. T. T. Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions / R. T. T. Forman – Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995. – 632 p.
6. Костріков С. В. Дослідження самоорганізації флювіального рельєфу на засадах синергетичної парадигми сучасного природознавства/ С. В. Костріков, І. Г. Черваньов – Х. :ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. – 142 с.
7. Костріков С.В. Атрибутивні дані для ГІС і визначення морфолого-морфометричних атрибутів флювіального рельєфу / С. В. Костріков // Геоінформатика. – 2004. – №4.
8. Гродзинський М. Д. Пізнання ландшафту: місце і простір : монографія в 2-х т. / Гродзинський М. Д. – К : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. – Т.2. – 503 с.
9. Марцинкевич Г. И. Ландшафтоведение: пособ. / Г. И.Марцинкевич – Минск: БГУ, 2005. – 200 с.
10. Смит Л. Е. Аналитическая химия загрязняющих веществ / Смит Л. Е. // Химия окружающей среды /Под. ред Бокрис Дж.О. М. – М : Химия, 1982. – 672 с.
11. Беус А. А. Геохимия окружающей среды / А. А. Беус, Л. И. Грабовская, Н. В.Тихонова – М. : Недра, 1978г. – 248 с.

Надійшла до редколегії 28.10.2010