

УДК 556.51 (477.54)

**К. М. КАРПЕЦЬ**, канд. геогр. наук  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
пл. Свободи, 6, г. Харків, 61022,  
[7361874@mail.ru](mailto:7361874@mail.ru)

## ЛАНДШАФТНО-ГЕОХІМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НА ПІДСТАВІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ВОДОЗБОРІВ

У програмному забезпеченні різних ГІС-платформ та їх додатків – *Amber iQ*, *ArcGIS 3D Analyst* та *ArcGIS Spatial Analyst* через засоби геостатистичного моделювання відтворено розподіл геохімічних ландшафтів по території м. Харків в межах водозбірних басейнів річок Уди, Лопань, Харків і Немишля. Через класифікаційний аналіз на підставі геостатистичного моделювання виділено елементарні геохімічні ландшафти та складено ландшафтно-геохімічну карту, на яку нанесено геохімічні бар'єри.

**Ключові слова:** геохімічний ландшафт, водозбірний басейн, поверхневий стік, модель

### **Karpets K. M. LANDSCAPE-GEOCHEMICAL SIMULATION ON THE BASIS OF INFORMATION MODELS CATCHMENT**

In various GIS software platforms and their applications – *Amber iQ*, *ArcGIS 3D Analyst* and *ArcGIS Spatial Analyst* through geostatistical modeling tools we have reproduced the distribution of geochemical landscapes of the territory. Kharkov in the catchment rivers Uda, Lopan, Kharkiv and Nemyshlya. A classification analysis based on geostatistical modeling was allocated to elementary geochemical landscapes and landscape-geochemical drawn map, which caused geochemical barriers.

**Key words:** geochemical landscape, drainage basin, runoff, model

### **Карпец К. М. ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВАНИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ВОДОСБОРА**

В программном обеспечении различных ГИС-платформ и их приложений – *Amber iQ*, *ArcGIS 3D Analyst* и *ArcGIS Spatial Analyst* через средства геостатистического моделирования нами было воспроизведено распределение геохимических ландшафтов по территории г. Харьков в пределах водосборных бассейнов рек Уды, Лопань, Харьков и Немишля. Через классификационный анализ на основании геостатистического моделирования было выделено элементарные геохимические ландшафты и составлено ландшафтно-геохимическую карту, на которую нанесены геохимические барьеры.

**Ключевые слова:** геохимический ландшафт, водосборный бассейн, поверхностный сток, модель

### **Вступ**

**Постановка проблеми.** Прісна вода є фундаментальним ресурсом, підвалиною всіх екологічних і соціальних процесів. Вода є критичним компонентом екологічних, фізичних, і водних систем. Дослідники, які вивчають такі проблеми довкілля як опустелювання, менеджмент водних ресурсів та контроль і прогнозування повеней, часто використовують для вирішення вказаних проблем у просторовому аспекті методики і методології, що базуються на водозбірних басейнах, як головних одиницях предметного моделювання і тематичного картографування.

Для вирішення задач прогнозу та оцінки антропогенних впливів на довкілля водозбору, наприклад, на гідрологічний режим через експлуатацію водогосподарчих об'єктів

водозбору, має бути застосована геоінформаційна модель водозбору (ГІМВ) [1].

Така модель є одним із головних компонентів системи прийняття рішень для природоохоронного менеджменту річкових басейнів, яка може бути окремим предметом моделювання і розробки. ГІС-модель може зберігати дані про рельєф, клімат та гідрологічний режим, геологію місцевості, ґрунти та рослинність, антропогенний фактор.

**Аналіз останніх досліджень.** У [2] окремо розглядалися характеристики взаємодії двох складових природного довкілля водозборів – флювіального рельєфу і їх гідрологічного режиму – та особливості відгуку реакції цих складових на зміну характеру і ступеню впливу зовнішніх факторів довкілля. Дві вказані складові структурно поєднуються у єдине ціле, оскільки морфологічно осно-

вою водозбірного басейну є система взаємо-сполучених русел постійних і тимчасових водотоків, а також утворених ними річкових долин, ярів, балок і порожнин. Всі останні відносяться до форм флювіального рельєфу, які утворюються відповідно гідролого-геоморфологічному відгуку водозбору на метеорологічні і гідрологічні явища, що мають місце в його доквіллі.

При розробці геоінформаційної моделі водозбору об'єктом моделювання є водозбірний басейн, що доводиться в [1, 2]. Водозбірний басейн розглядається як результат взаємодії різних чинників – особливостей морфології поверхні, гідрологічних і геоморфологічних процесів, геологічної будови території і фактора техногенезу. У практичному розумінні йдеться про річковий водозбір, з усіма його субводозборами (до рівня яружно-балочних басейнів включно), і усі такі геооб'єкти, як прості (субводозбори), так і більш високого порядку (головний річковий басейн), повинні розпізнаватися системою моделювання, щоб із ними були можливі операції для подальшого аналізу. Для кожного з вказаних об'єктів повинна існувати можливість бути визначеним, окремо затабульованим (через табличну модель) і відображеним (через картографічну модель). Відтак, на підставі ГІС-моделі моделюються параметри геоінформаційної моделі річкового водозбору – гідрологічні, морфолого-морфометричні, геоморфологічні, ландшафтно-геохімічні та інші.

Геоінформаційні моделі міських водозборів застосовуються для відтворення класифікаційного розподілу елементарних геохімічних ландшафтів (ЕГЛ) в межах м. Харків. Концептуальний підхід щодо подібного класифікаційного аналізу полягає у наступному.

### **Результати дослідження**

При реалізації морфолого-морфометричних характеристик для просторової класифікації ЕГЛ через маршрутизацію стоку доцільно використовувати запропоновану Костріковим С. В. модифікацію відомого алгоритму «стікаючої каплі» [3]. Згідно з оновленим алгоритмом рух кожної окремої каплі повинен розглядатися як Марковський процес. Протікання цього процесу у часі буде залежною від ймовірностей перебігу окремої каплі з русла даного порядку до русла порядку, на одиницю більшого. За таким

Як підкреслювалося С. В. Костріковим [2], ГІМВ відрізняється від цифрової моделі рельєфу (ЦМР), яка створюється лише як початкова умова впровадження ГІС-технологій. ЦМР як джерело первинних даних має зберігати, наскільки це можливо, різноманітну ландшафтну інформацію. Таким вимогам відповідає ЦМР річкового водозбору, з усіма субводозборами (до рівня яружно-балочних басейнів включно), тобто з частинами басейну, які мають власне постійне гирло. Відтак, на підставі первинної інформації ЦМР, як підкреслюється вище, і моделюються параметри геоінформаційної моделі річкового водозбору. При цьому визначення морфології і морфометрії поверхні водозбору є передумовою обчислення гідрологічних і ландшафтно-геохімічних параметрів моделі. Фактично мова йде про обґрунтування необхідності побудови і змісту саме геоінформаційної моделі водозбору.

При розробці ГІМВ як для гідрологічних розрахунків, так і для реалізації ландшафтно-геохімічного аспекту просторового гідролого-геоморфологічного аналізу, формування стоку – як головний фактор переносу забруднювачів в річковому водозборі – це саме той процес, який, перш за все, має бути описаним параметричними характеристиками геоінформаційної моделі, для чого, у свою чергу, треба мати уявлення про головні механізми цього процесу і засоби їх формалізованого опису. Хоча морфологія флювіального рельєфу і не виступає безпосереднім елементом більшості методик розрахунків стоку у водозборі, зрозуміло, що неможливо ігнорувати ефект її впливу на маршрутизацію поверхневого стоку і на формування рельєфу, і відтак – на особливості гідрографа даного басейну. Саме через останній можемо робити певний ландшафтно-геохімічний прогноз.

припущенням отримуємо для кожної руслової ланки експоненціальні за характером статистичного розподілу варіаційні ряди часів перебігу капель. Якщо абстрагуватися від поверхневого стоку, ці характеристики зумовлюються тільки морфологією водозбору і мережею рельєфу і визначають узагальнюючу (для усього водозбору) функцію щільності ймовірності перебігу капель з замикаючого створу усього басейну, або певного субводозбору, за межі останнього. Повинно бути зрозуміло, що на вказаній кон-

цептуальній підставі можна як моделювати просторовий розподіл ЕГЛ, так і формалізовано описувати процес самоочищення вздовж русел.

Таким чином, головні риси геоінформаційної моделі водозбору дозволяють застосовувати цифрові моделі рельєфу не тільки в розрахункових операціях з даними про рельєф, але й щодо широкої інформації про гідрологічний режим водозборів та процеси ландшафтно-геохімічної міграції. Нею можуть бути, перш за все, дані про максимальні витрати від талих вод, граничні площі для зливових максимумів, характеристика основних факторів, що впливають на максимуми від талих та дощових вод та, зрозуміло, інформація щодо ландшафтно-геохімічної структури.

При моделюванні результатів гідрологічних розрахунків, формування стоку на річковому водозборі – це саме той процес, який треба перш за все описати параметричними характеристиками обраних моделей, для чого, у свою чергу, треба мати уяву про головні механізми цього процесу і засоби їх формалізованого опису. Вже потім доцільно переходити до подібного опису процесів ландшафтно-геохімічної міграції.

У дослідженні базуємося на другому, третьому і сьомому класифікаційних рівнях елементарних геохімічних ландшафтів згідно Алексєнко В. А. [4, 5]. Використано класифікації Полинова Б. Б., Перельмана А. І. та Глазовської М. А., на підставі відносних висот рельєфу водозбору, його морфології, ухилів, експозицій схилів та напрямків літогенних потоків.

Послідовно у програмному забезпеченні різних ГІС-платформ та їх додатків – *Amber iQ*, *ArcGIS 3D Analyst* та *ArcGIS Spatial Analyst* через засоби геостатистичного моделювання відтворено розподіл геохімічних ландшафтів по території м. Харків в межах водозбірних басейнів річок Уди, Лопань, Харків і Немишля (рис. 1). Через класифікаційний аналіз на підставі геостатистичного моделювання виділено наступні ЕГЛ та складено ландшафтно-геохімічну карту, на яку нанесено геохімічні бар'єри. Остання подає собою приклад однієї із дуже небагатьох спроб такого роду досліджень саме для території великих міст.

**Елювіальні елементарні геохімічні ландшафти** виділені у північній частині міста Харкова – це П'ятихатки Київського району та у північно-західній частині – це Сортировка Ленінського району. В межах даних елементарних геохімічних ландшафтів розповсюджені випаровувальні та фітогеохімічні бар'єри (рис.).

**Транселювіальні елементарні геохімічні ландшафти** виділені навколо П'ятихаток на північний захід міста – північна частина Дзержинського району, навколо Сортировки, район Лисої гори Ленінського району – північно-західна частина міста та Лідного Жовтневого району – південно-західна частина міста. В межах даних елементарних геохімічних ландшафтів розповсюджені випаровувальні, фітогеохімічні, механічні бар'єри (рис.).

**Елювіально-аккумулятивні елементарні геохімічні ландшафти** – це Помірки, територія на північний захід від них до Нової Олексіївки, Нахаловка та територія навколо Лисої гори. На півночі міста – це сел. Жуковського, Сокольники, Старе Павлове поле, Нова Олексіївка, Зелене. В межах даних елементарних геохімічних ландшафтів розповсюджені випаровувальні, фітогеохімічні, механічні бар'єри (рис.).

**Аккумулятивно-елювіальні елементарні геохімічні ландшафти:** північно-західна частина міста – це північна частина Лагерного, Гіївки Ленінського району; східна частина міста – це східна частина Північної Салтовки та Салтовки Московського району; південно-східна частина міста – це ХТЗ, Східний; південно-західна частина міста – це південно-західна частина Нової Баварії.

В межах даних елементарних геохімічних ландшафтів розповсюджені випаровувальні, фітогеохімічні, механічні бар'єри (рис. 1).

**Транзитні елементарні геохімічні ландшафти:** північна частина міста – це Павлове Поле; східна частина міста – це північна частина Північної Салтовки та Салтовки; південна частина міста – це Рогань, Новозахідний, Селекційне; південно-західна частина міста – це північна та східна частини Нової Баварії. В межах даних елементарних геохімічних ландшафтів розповсюджені випаровувальні, фітогеохімічні та механічні бар'єри (рис.).

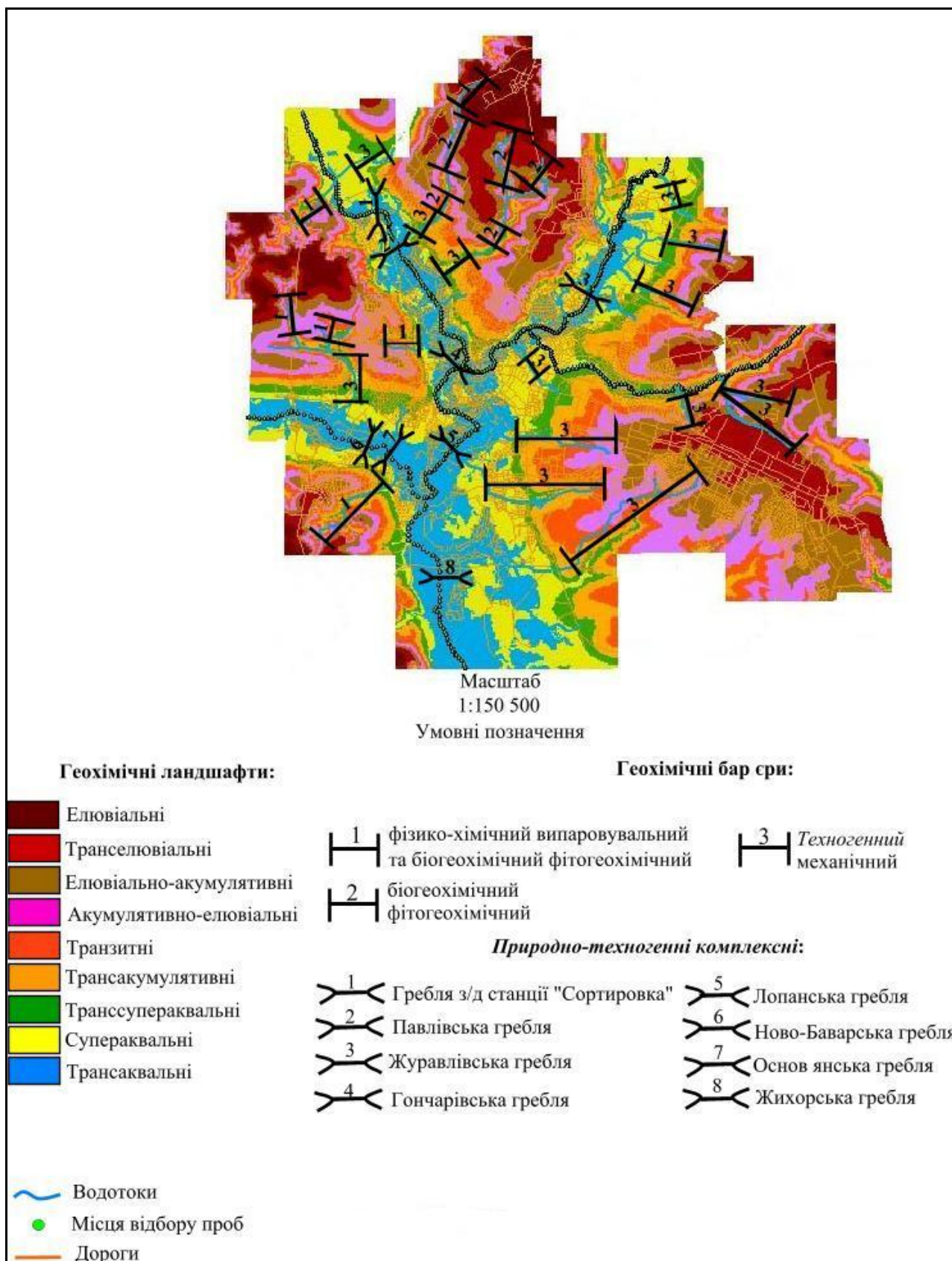


Рис. – Модель в ГІС-платформі ArcGIS розподілу елементарних геохімічних ландшафтів по території м. Харків та місцезоналення ландшафтно-геохімічних бар'єрів

**Трансакумулятивні елементарні геохімічні ландшафти:** північна частина міста – Саржин Яр, Шатилівка; північно-східна частина міста – Нові будинки. У межах трансакумулятивних геохімічних ландшафтів встановлено значну здатність до самоочищення мулів у ярах з періодичними потоками [6]. У мулах ярів та озер з напівзастійним режимом самоочищення осадів та вод не спостерігається. В межах даних елементарних геохімічних ландшафтів розповсюджені випаровувальні, фітогеохімічні та механічні бар'єри (рис.).

**Трансупераквальні елементарні геохімічні ландшафти** розповсюджені по всій території міста Харкова вздовж русел головних річок (Уди, Лопань, Харків і Немишля) – це північно-східна частина Старої Олексіївки, Товкачівки, північно-західна частина Інтернаціоналіста, Стара Салтовка, Сабурова Дача, Червоний Промінь, Немишля, Аеро-порт, Балашовка, Хвилинка, Залютино, Холодна Гора. В межах даних елементарних геохімічних ландшафтів розповсюджені випаровувальні, фітогеохімічні, механічні бар'єри (рис.).

#### Висновки

На підставі відносних висот рельєфу міських водозборів, морфології поверхні цих водозбірних басейнів, ухилів та експозицій схилів та із урахуванням літогенних потоків речовини через програмне забезпечення *Amber iQ*, *ArcGIS Geostatistical Analyst* та *ArcGIS Spatial Analyst* змодельований розподіл геохімічних ландшафтів по території м. Харкова в межах водозбірних басейнів річок Уди, Лопань, Харків і Немишля. Виділені елювіальні елементарні геохімічні ландшафти, в межах яких встановлені випаровувальні та фітогеохімічні бар'єри. Також виділені транселювіальні,

**Супераквальні елементарні геохімічні ландшафти** виділяються найближче до русел рік. Це Іванівка, Панасівка, Конторська, Карноска, Гончарівка, Москалівка, Григорівка, Новоселівка, Новожаново, Мирський Гай, Филипівка, Липовий Гай, Гути, Жихар, Дудківка, Основа, Диканівка, Верещаківка, Заїківка, Левада, Лопанська стрілка, Рашкіна Дача, Держпром, Нагірний район, Центр, Журавлівка, Шишківка, Велика Данилівка, Шевченки, Тюринка. В межах даних елементарних геохімічних ландшафтів розповсюджені випаровувальні, фітогеохімічні, механічні бар'єри (рис.).

**Трансаквальні елементарні геохімічні ландшафти** представляють собою русла річок Уди, Лопань, Харків та Немишля. В межах даних елементарних геохімічних ландшафтів розповсюджені техногенно-природні комплексні бар'єри, які представлені наступними греблями: гребля з/д станції «Сортировка», Павлівська, Журавлівська, Гончарівська, Лопанська, Ново-Баварська, Основ'янська, Жихорська (рис.).

елювіально-аккумулятивні, аккумулятивно-елювіальні, транзитні, трансакумулятивні, трансупераквальні, супераквальні елементарні геохімічні ландшафти, в межах яких встановлені випаровувальні, фіто геохімічні та механічні бар'єри. Виділені трансаквальні елементарні геохімічні ландшафти, які представляють собою русла річок Уди, Лопань, Харків та Немишля.

Модель розподілу елементарних геохімічних ландшафтів надасть змогу в подальшому оцінювати ступінь забрудненості та самоочищення постійних водотоків на території міста Харкова.

#### Література

1. Костріков С. В. Загальні принципи вибору моделей і середовищ моделювання водозбірних басейнів / С. В. Костріков // Культура народів Причорномор'я (Географічні науки). Научный журнал, 2005. – № 67 – С. 24-29.
2. Костріков С. В. Про деякі особливості зв'язку флювіальних процесів на водозборах із змінами у природно-антропогенному доквіллі / С. В. Костріков // Захист довкілля від антропогенного навантаження. – Харків-Кременчук. – 2004. – Вип. 10 (12). – С. 57-69.
3. Костріков С. В. Деякі проблемні питання та перспективи геоінформаційного моделювання водозборів / С. В. Костріков // Захист довкілля

ля від антропогенного навантаження. – Харків – Кременчук. – 2005. – Вип. 11 (13). – С. 5-20.

4. Алексеенко В. А. Геохимия ландшафтов и окружающая среда / Алексеенко В. А. – М. : Недра, 1990. – 47с.

5. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия / Алексеенко В. А. – М. : Логос, 2000. – 310 с.

6. Карпец К. М. До питання про стан водотоків міста Харків та визначення рельєфозалежного фактору їх самоочищення / К. М. Карпец // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – Х., 2009. – № 1(12). – С. 70-74.

Надійшла до редколегії 13.09.2014