

ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ В КАРТОГРАФІЇ

УДК 528.94

Остроух В. І.

Остроух О. А.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОСОБЛИВОСТІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ І КАРТОГРАФІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІН ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Розкривається особливість методики обробки вихідних гідрогеологічних даних на базі геоінформаційних технологій та апробування її на прикладі просторово-часових змін показників хімічного складу ґрунтових вод в межах Чоп-Мукачівської ділянки із застосуванням статистичного аналізу, картографічного моделювання та просторового аналізу в ГІС, на основі яких, виявлені просторово-часові закономірності зміни мінералізації і компонентів хімічного складу ґрунтових вод за багаторічний період експлуатації. Вихідною інформацією для цих досліджень стали результати хімічного аналізу проб води централізованих, окремих водозаборів та одиночних свердловин, які експлуатують ґрунтовий водоносний горизонт. На основі вихідних даних автором сформовано спеціалізовану геоінформаційну базу даних хімічного складу ґрунтових вод, здійснено вибір картографічної проекції та проведено геокодування даних хімічного складу ґрунтових вод. Застосовуючи геоінформаційні технології в процесі обробки гідрогеологічної інформації маємо змогу підвищити ефективність робіт, скоротити час та матеріальні затрати на їх виконання.

Ключові слова: геоінформаційний аналіз, статистичний

© В. І. Остроух, О. А. Остроух

аналіз, картографічне моделювання, цифрові карти, геокодування, підземні води, просторово-часові зміни.

Вступ. Дослідження якісного складу підземних вод, який в умовах збільшення антропогенного навантаження поступово змінюється на слабко порушений або порушений, на даний час набуває великої актуальності. В сучасних умовах існує нагальна потреба у комплексному підході до оцінки стану ресурсів і хімічного складу підземних вод із залученням ГІС-технології.

У даній статті ця проблема показана на прикладі вод ґрунтового водоносного горизонту в межах Чоп-Мукачівської ділянки Закарпатського басейну, розташованого на території південно-західної частини Закарпатської області. Тут ґрунтові води експлуатуються численними водозаборами та свердловинами і широко використовуються як для питного водопостачання населення, так і для потреб промислових та сільськогосподарських підприємств. Видобуток значних обсягів води розглядається як техногенний фактор, що сприяє не лише зміні гідрогеологічних характеристик ґрунтового водоносного горизонту, а й призводить до зміни хімічного складу води.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Провідною науково-виробничою установою Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, яка збирає, зберігає, аналізує та надає у користування інформацію, що утворилася в процесі геологічного вивчення та використання надр є «Державний інформаційний геологічний фонд України» (ДНВП «Геоінформ України») [8]. Геоінформ виконує функції головної організації по комп'ютеризації у галузі, майже у всіх тематичних роботах, що виконуються у Геоінформ, використовуються геоінформаційні технології.

Починаючи з 2000 року спеціалістами Дніпропетровського відділення УкрДГРІ (Український Державний геолого-розвідувальний інститут) ведуться роботи по розробці та впровадженню методів прогнозування у системі державного моніторингу підземних вод [5]. На базі ГІС, а саме MapInfo Professional виконуються локальні і регіональні прогнози режиму підземних вод території України. Різноманітні гідрогеологічні дослідження забезпечує програмний комплекс GIS Software, який являє собою сукупність інтегрованих програмних модулів.

Аналіз літературних джерел показав, що ступінь вивчення різних аспектів даної проблематики неоднаковий. Найбільше уваги дослідники приділяють процесам підтоплення, або ж, навпаки, техногенного зниження рівня підземних вод урбанізованих територій [1,7]. Натомість, значно менше уваги приділяється проблемам зміни якісного складу підземних вод з використанням геоінформаційних технологій [6].

Формулювання цілей статті, постановка завдання.

Останнім часом потреби на цифрову картографічну продукцію значно зросли. Цифрові карти з гідрогеологічної тематики складаються широким потоком і замінюють традиційні паперові карти. Інтенсивно розвиваються нові версії програмних пакетів, які використовуються для створення та функціонування цифрових карт в геоінформаційних системах.

Однак, величезний графічний матеріал у вигляді карт, геологічних розрізів тощо, все ще залишається на традиційних (паперових) носіях, і тому необхідно і надалі реалізовувати роботи по переведенню найважливіших графічних даних в електронний вигляд, створювати бази даних та ефективно проводити гідрогеологічні дослідження на базі сучасного геоінформаційного програмного забезпечення. Саме залучення баз даних з просторовою прив'язкою – основна риса, що відрізняє карти в ГІС від просто електронних карт, створених на комп'ютері (в графічних пакетах) [2].

Тобто основними завданнями статті є: розкриття особливостей методики обробки вихідних гідрогеологічних даних на базі геоінформаційних технологій та апробування її на прикладі просторово-часових змін показників хімічного складу ґрунтових вод в межах Чоп-Мукачівської ділянки із застосуванням статистичного аналізу, картографічного моделювання та просторового аналізу в ГІС.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні, в часи стрімкого росту розвитку геоінформаційних технологій все частіше виникають питання їх застосування для проведення аналітичної обробки результатів гідрогеологічних та інших досліджень надр. Використання сучасних геоінформаційних технологій дозволяє значно прискорити процеси введення, систематизації, пошуку необхідної інформації; проводити математико-статистичну обробку даних; виконувати оцінку гідрогеохімічної складової

геологічного середовища. Застосовуючи ГІС-технології в процесі обробки гідрогеологічної інформації маємо змогу підвищити ефективність робіт, скоротити час та матеріальні затрати на їх виконання.

На початковому етапі обробки гідрогеологічної інформації виконується добір вихідної інформації, до блоку якого входять:

- матеріали опробування підземних вод в точках режимних спостережень (гідродинамічні, гідрохімічні, гідротермічні);
- наявні тематичні карти геологічного та гідрогеологічного змісту;
- текстові і табличні матеріали;
- цифрові топографічні карти з базами даних.

Блок технічного опрацювання є наступним підготовчим етапом обробки гідрогеологічної інформації. Він дозволяє проводити сканування і цифрування різних джерел інформації, які містяться в паперовому вигляді, а також створювати та наповнювати електронні таблиці та формувати спеціалізовану базу геопросторових даних.

Подальший етап обробки гідрогеологічної інформації можливий завдяки введенню до **блоку опрацювання інформації ГІС-пакетами** вихідних картографічних даних, що містяться в цифрових картах. Використання цифрових карт забезпечує одержання точнішої та єдиної основи для створення цілого ряду електронних тематичних карт на одну і ту саму територію. Блок опрацювання гідрогеологічної інформації ГІС включає: мережевий аналіз (геокодування даних), створення баз даних спеціального змісту, перетворення проєкцій, статистичну обробку даних та їх аналіз, просторовий аналіз і моделювання в ГІС.

Вибір картографічної проєкції, створення спеціалізованої тематичної бази даних та геокодування даних (географічна прив'язка – першочергові завдання у вирішенні даної проблеми. За умови наявності картографічної основи всі ці послідовні операції виконуються безпосередньо в ArcGIS Desktop, що не потребує конвертування даних з інших стандартних програм. Це в свою чергу, дозволяє запобігти неприємностям, які виникають при конвертуванні даних (втрата властивостей картографічних шарів, інформації про систему координат і проєкцію відображення тощо).

Наступним етапом обробки вихідних даних є моделювання поверхні. Створити поверхню – означає заповнити простір між

дискретними точками, що містять дані виміру безперервного явища. Стандартним засобом, що забезпечує виконання цього розрахунку, є апроксимація. В сучасних аналітичних ГІС реалізовані декілька методів апроксимації (інтерполяції) поверхонь: метод зворотних зважених відстаней, метод поверхні тренда, крігінг, сплайн. Вибір оптимального методу інтерполяції наявних даних залежить від кількості вихідних точок даних і рівномірності їх розподілу в області інтерполяції.

Виконавши процедуру вибору методу інтерполяції, необхідно зрозуміти, як поверхня може бути зображена засобами ГІС у векторних або растрових системах. Для розуміння природи досліджуваного явища чи процесу, не дивлячись на те, буде створена результуюча поверхня чи ні, в ArcGIS Desktop на базі модуля Geostatistical Analyst використовується розширення Дослідницький аналіз просторових даних (ESDA). Завдяки цьому розширенню ми можемо виконати математико-статистичну обробку вихідних даних, продіагностувати модель та надати оцінку відповідності її побудови. Наступним, досить важливим етапом аналізу є відображення результатів моделювання – створення результуючих карт та їхній аналіз.

Найбільш потужною можливістю сучасних ГІС є їхня здатність порівнювати картографічне зображення тематичної інформації обраних шарів карти (картографічне накладання або оверлей). Сучасні ГІС вдало поєднують потужний обчислювальний інструментарій, що дозволяє реалізовувати складні алгоритми накладання атрибутивної інформації з безмежними можливостями комп'ютерної графіки. Завдяки цьому процесу, до якого на сьогодні оперативно залучаються дані різних типів – від табличних відомостей точок спостережень до статистичних поверхонь або ж даних космічного зондування, ми маємо змогу використовувати математичні функції картографічної алгебри, а також наочно контролювати кожний крок аналітичного процесу. Маючи серію результуючих карт на різні моменти часу шляхом оверлейного аналізу можна встановити просторово-часові зміни хімічного складу підземних вод та надати кількісну оцінку їх змін по площі ділянки дослідження [3].

Апробація вищезазначеного алгоритму виявлення просторово-часових змін показників хімічного складу ґрунтових вод, їх оцінки та тенденції змін гідрогеохімічних умов ґрунтових вод

в межах Чоп-Мукачівської ділянки ґрунтувалися на програмному забезпеченні ArcGIS Desktop.

Вихідною інформацією для цих досліджень стали результати хімічного аналізу проб води централізованих, окремих водозаборів та одиночних свердловин, які експлуатують ґрунтовий водоносний горизонт. На основі вихідних даних автором сформовано спеціалізовану геоінформаційну базу даних хімічного складу ґрунтових вод (рис. 1), здійснено вибір картографічної проекції та проведено геокодування даних хімічного складу ґрунтових вод.



Рис. 1. Структурно-графічна модель геоінформаційної бази даних хімічного складу ґрунтових вод

Методом зворотних зважених відстаней (ЗЗВ чи IDW) було змодельовані растрові і векторні поверхні поля мінералізації та інших елементів хімічного складу ґрунтових вод станом на 2005 рік. У процесі моделювання виконано також перевірку достовірності отриманих результатів, яка показала, що отримані результати моделювання досить точно відображають фактичні значення показників, що досліджувалися.

Методами картографічного моделювання та просторового аналізу виявлені просторово-часові закономірності зміни

мінералізації і компонентів хімічного складу ґрунтових вод за багаторічний період експлуатації.

Для оцінки зміни показників мінералізації, жорсткості та вмісту хлоридів ґрунтових вод побудовано серію карт-схем станом на 1965 та 2005 рр.

У результаті проведення оверлейного аналізу з використанням автоматизованого методу математичного накладання (різниця поверхонь) побудовано відповідні карти-схеми величин мінералізації, жорсткості та вмісту хлоридів за сорокарічний період.

Для прикладу, на рис. 2 наводиться карта-схема зміни значень мінералізації ґрунтових вод за цей період.

При детальному аналізі карт-схем були виділені ділянки ґрунтового водоносного горизонту без помітних змін та із значними змінами хімічного складу вод.

З використанням засобів ГІС-технологій вивчалися умови формування хімічного складу. Аналіз побудованої поверхні змін величини мінералізації показує, що майже на всій території досліджень відбулося підвищення мінералізації (95% від загальної території дослідження), обумовлене як природними геологічними процесами, так і антропогенним навантаженням, а іноді – тими та іншим разом. Так, в зоні впливу водозабору для господарсько-питного водопостачання м. Ужгород фіксується збільшення мінералізації на 200–300 мг/дм³ за рахунок можливого підтягування мінералізованих вод із чопського водоносного горизонту при відборі об'єму води, що перевищує затверджену. Антропогенне походження має, скоріш за все, підвищення мінералізації на 250–400 мг/дм³ у межах промислових зон міст Мукачєво, Берегове, Виноградів, що в більшості випадків пов'язане з сільськогосподарською і господарсько-побутовою діяльністю. У межах центральної частини території (смт. Батьово, м. Чоп) тенденція зміни мінералізації пояснюється функціонуванням об'єктів транспортної інфраструктури – пунктів миття вагонів на станціях, які негативно впливають на якість ґрунтових вод. На незначних локальних площах північно-східної та південної частини території дослідження збільшення мінералізації не відбулося або вона навіть трохи зменшилась.

Очевидним є те, що ділянки з підвищеною мінералізацією просторово співпадають з ділянками, які характеризуються високою жорсткістю та завищеним вмістом хлорид-іонів. Вони

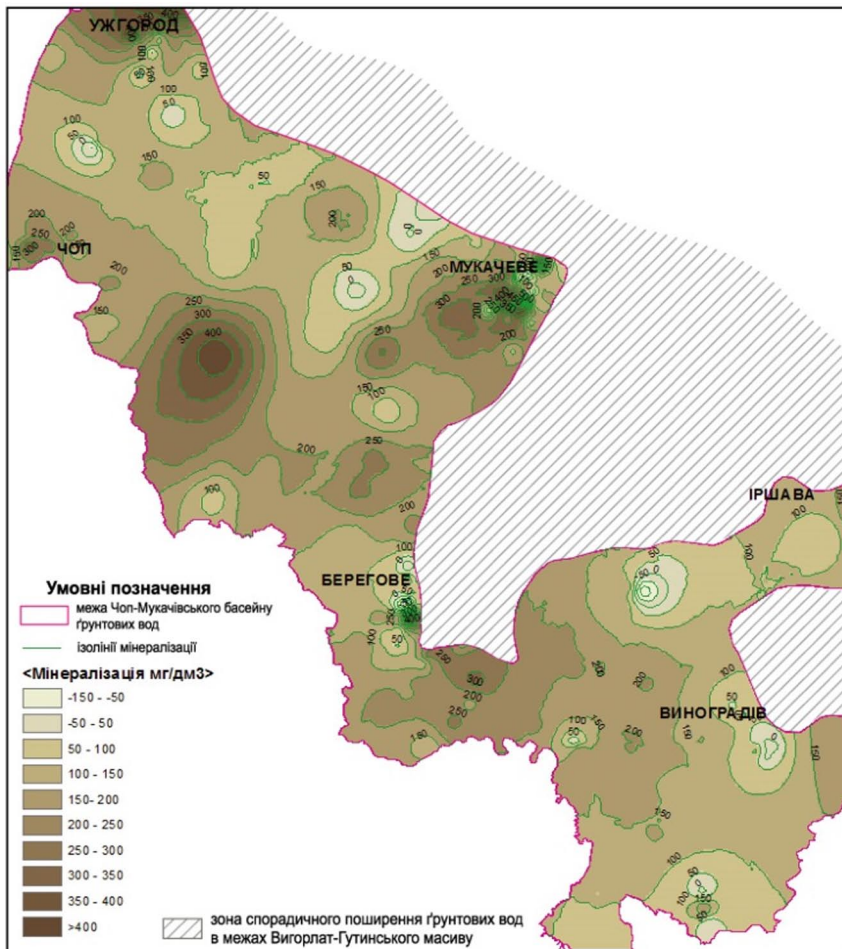


Рис. 2. Карта-схема зміни значень мінералізації ґрунтових вод

зустрічаються на 40% території досліджень і розповсюджені локально в містах Ужгород, Мукачево, Чоп, Берегове, що свідчить про перманентне антропогенне забруднення ґрунтового водоносного горизонту.

Крім того, ділянки підвищеного вмісту хлору формуються також під впливом і природних геологічних чинників, що приурочені до диз'юнктивних порушень і, особливо, до вузлів перетину поперечних і повздовжніх розломів – Мукачівського, Чопського, Березівського, де по ослаблених тектонічних зонах

відбувається розвантаження мінералізованих вод у водоносні горизонти верхньої гідродинамічної зони.

Висновки та перспективи. Для вирішення практичних і наукових завдань в гідрогеології, крім математичних методів, відповідних програмних засобів, ймовірнісних, детермінованих моделей набули широкого використання геоінформаційний аналіз та картографічне моделювання на базі ГІС.

Представлена і апробована на прикладі просторово-часових змін показників хімічного складу ґрунтових вод в межах Чоп-Мукачівської ділянки методика доводить, що створення баз даних, які дозволять ефективно, з високим ступенем достовірності і точності проводити гідрогеологічні дослідження на базі сучасного геоінформаційного програмного забезпечення.

Рецензент – кандидат географічних наук І. О. Підлісецька

Література:

1. Ішук О.О., Коржнев М. М., Кошляков О. Є. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: Навчальний посібник / За ред. акад. Д.М. Гродзинського. К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 200 с.

2. Остроух В. І., Онищак Р. М. Використання геоінформаційних систем для вирішення завдань тематичного картографування // Вісник геодезії та картографії. № 5 (74), 2011. С. 51-55.

3. Остроух О. А. Остроух В.І. Геоінформаційне моделювання змін хімічного складу підземних вод // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств: материалы научно-практической конференции (Гомель, 16 марта 2016 г.). Г. : ГГУ им. Ф. Скорины, 2016. С. 242-244.

4. Остроух В. І., Даценко Л.М. Основи геоінформаційних систем і технологій: навчальний посібник. К. : ДНВП «Картографія», 2013. 184 с.

5. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. К. : УкрДГРІ, 2005. 572 с.

6. Чомко Д. Ф., Остроух О. А. Сучасний стан та проблеми використання ГІС-технологій в геологічних дослідженнях // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. 2009. Вип. № 882. С. 99-102.

7. Dirk Masuch. Oesterreich A methodical approach to GIS-based hydrogeologic mapping / Revista Mexicana de Ciencias Geologicas. – 2000. – volume 17, numero 1. P. 24-33.

8. Офіційний сайт Державного науково-виробничого підприємства «Державний інформаційний геологічний фонд України» (ДНВП «Геоінформ України») [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://www.geoinf.kiev.ua>.

В. И. Остроух, О. А. Остроух

ОСОБЕННОСТИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА И КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Раскрывается особенность методики обработки исходных гидрогеологических данных на базе геоинформационных технологий и апробирования ее на примере пространственно-временных изменений показателей химического состава грунтовых вод в пределах Чоп-Мукачевского участка с применением статистического анализа, картографического моделирования и пространственного анализа в ГИС, на основе которых выявлены пространственно-временные закономерности изменения минерализации и компонентов химического состава грунтовых вод за многолетний период эксплуатации. Исходной информацией для этих исследований стали результаты химического анализа проб воды централизованных, отдельных водозаборов и одиночных скважин, эксплуатирующих грунтовой водоносный горизонт. На основе исходных данных автором сформирован специализированную геоинформационную базу данных химического состава грунтовых вод, осуществлен выбор картографической проекции и проведения геокодирования данных химического состава грунтовых вод. Применяя геоинформационные технологии в процессе обработки гидрогеологической информации повышается эффективность работ, сокращается время и материальные затраты на их выполнение.

Ключевые слова: геоинформационный анализ, статистический анализ, картографическое моделирование, цифровые карты, геокодирования, подземные воды, пространственно-временные изменения.

V. Ostroukh, O. Ostroukh

FEATURES OF GEOINFORMATION ANALYSIS AND CARTOGRAPHIC MODELING CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF UNDERGROUND WATER

The peculiarity of the method of processing the initial hydrogeological data on the basis of geoinformation technologies and testing it on the example of spatial and temporal changes in the indicators of groundwater chemical composition within the Chop-Mukachevo section with the use of statistical analysis, cartographic modeling and spatial analysis in GIS, based on which, are detected spatially – time patterns of mineralization change and components of the chemical composition of groundwater for a long period of exploitation. The starting point for these studies was the results of a chemical analysis of water samples of centralized, individual water intakes and single wells that exploit the groundwater aquifer. Based on the original data, the author formed a specialized geoinformation database of the chemical composition of groundwater, a choice of cartographic projection was made and geocoding of the data of the chemical composition of groundwater was carried out. With the use of GIS technologies, conditions for the formation of chemical composition were studied. An analysis of the built-up surface of changes in the value of mineralization shows that almost all the research area has undergone an increase in mineralization (95% of the total territory of the study), caused both by natural geological processes and anthropogenic loading, and sometimes – by one and another time. It is obvious that areas with high mineralization spatially coincide with areas that are characterized by high rigidity and high content of chloride ions. They occur in 40% of the research area and are distributed locally in the cities of Uzhhorod, Mukachevo, Chop, Berehove, which indicates permanent anthropogenic pollution of the groundwater aquifer. By applying geoinformation technologies in the process of processing hydrogeological information, we can increase the efficiency of work, reduce the time and material costs of their implementation.

The method presented and tested on the example of spatial and temporal changes in the parameters of the groundwater chemical composition within the Chop-Mukachevo section method proves that the creation of databases, which will allow to carry out hydrogeological research on the basis of modern geographic information software with a high degree of accuracy and accuracy.

Keywords: geoinformation analysis, statistical analysis, cartographic modeling, digital maps, geocoding, groundwater, spatial and temporal changes.

Надійшла до редакції 4 червня 2019 р.