

УДК 556.3 (528.944)

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.91.14>

О. Остроух, канд. геол. наук,  
E-mail: [ostro-oks@ukr.net](mailto:ostro-oks@ukr.net),  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
Коледж геологорозвідувальних технологій,  
вул. В. Тютюнника, 9, м. Київ, 03680, Україна;  
Д. Чомко, канд. геол. наук, доц.,  
E-mail: [dimath@ukr.net](mailto:dimath@ukr.net),  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна;  
В. Остроух, канд. геогр. наук, доц.,  
E-mail: [os-vit@ukr.net](mailto:os-vit@ukr.net),  
ORCID ID 0000-0003-4097-1736;  
І. Підлісецька, канд. геогр. наук, доц.,  
E-mail: [irinna2008@ukr.net](mailto:irinna2008@ukr.net),  
ORCID ID 0000-0001-6724-2379;  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
географічний ф-т, пр. Акад. Глушкова, 2, а, м. Київ, 03127, Україна

## ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ І МОЖЛИВОСТЕЙ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ҐРУНТОВИХ ВОД

(Представлено членами редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.Є. Кошляковим і д-ром техн. наук, проф. В.І. Зацерковним)

Викладено результати дослідження еколого-гідрогеохімічного стану ґрунтових вод Чоп-Мукачівського басейну і виявлення просторово-часових змін їхнього хімічного складу за допомогою засобів ГІС. Удосконалено методику обробки вихідних гідрогеологічних даних на базі геоінформаційних технологій та апробовано її на прикладі просторово-часових змін показників хімічного складу. Створена спеціалізована геоінформаційна база даних хімічного складу ґрунтових вод. За результатами оцінки просторово-часових закономірностей змін хімічного складу із застосуванням статистичного аналізу, картографічного моделювання та просторового аналізу в ГІС встановлено райони з підвищеною мінералізацією та жорсткістю ґрунтових вод. На основі комплексного підходу виконано районування та проведено оцінку сучасного гідрогеохімічного стану ресурсів ґрунтових вод території дослідження.

Ключові слова: геоінформаційні методи, моделювання, просторово-часові зміни, Чоп-Мукачівський басейн, ґрунтові води, хімічний склад, моніторинг, база даних, захищеність.

**Постановка проблеми.** Основні резерви прісних підземних вод Закарпатської області зосереджені в ґрунтовому водоносному горизонті, приуроченому до алювіальних відкладів минайського віку, які займають близько 80 % території Чоп-Мукачівської западини. Ґрунтові води експлуатуються численними водозаборами та свердловинами і широко використовуються для питного водопостачання населення, промислових і сільськогосподарських підприємств. Видобуток значних обсягів води сприяє не лише зміні гідрогеологічних характеристик ґрунтового водоносного горизонту, а й призводить до зміни хімічного складу води. В умовах інтенсивного антропогенного навантаження та дефіциту чистих питних вод набуває великого значення проблема оцінки еколого-гідрогеохімічного стану ґрунтових вод і виявлення його просторово-часових змін.

Основою такої оцінки є: вивчення з використанням геоінформаційних технологій загальних гідрогеохімічних особливостей ґрунтових вод, встановлення закономірностей формування їхнього хімічного складу і дослідження захищеності від забруднення. Ураховуючи тенденції розвитку сучасних інформаційних технологій, вирішувати поставлені завдання необхідно з використанням геоінформаційного підходу, який полягає в застосуванні геоінформаційних систем (ГІС).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Оцінці просторово-часових закономірностей змін хімічного складу ґрунтових вод різних регіонів із застосуванням статистичного аналізу, картографічного моделювання та просторового аналізу в ГІС присвячено праці (Огняник, 1985; Почтаренко та ін., 2002; Чомко, 2009). Методику обробки вихідних гідрогеологічних даних на базі геоінформаційних технологій висвітлено в роботах таких авторів (Рубан та Шинкаревський, 2005; Кошляков, 2010).

Вивченням регіональних закономірностей формування хімічного складу ґрунтових вод їхніх гідрогеологічних умов у різний час займалися (Радько, 1975; Остроух, 2011).

**Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Слід зазначити, що дослідження змін хімічного складу ґрунтових вод Чоп-Мукачівського басейну проводилися на локальних ділянках або на окремих водозабірних спорудах за відносно короткий проміжок часу. Такі дослідження не давали змоги отримати цілісну картину змін хімічного складу ґрунтових вод як за площею, так і в часі. У сучасних умовах існує нагальна потреба в комплексному підході до оцінки стану ресурсів і хімічного складу ґрунтових вод басейну, використовуючи геоінформаційні технології. Вирішенню поставленого завдання присвячено дану статтю.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є кількісна оцінка просторово-часових закономірностей змін хімічного складу ґрунтових вод Чоп-Мукачівського басейну за багаторічний період експлуатації на основі геоінформаційного аналізу і моделювання в ГІС. Для досягнення цієї мети необхідно вдосконалити методику обробки вихідних гідрогеологічних даних на базі геоінформаційних технологій та виконати якісну оцінку природної захищеності ґрунтового водоносного горизонту від забруднення.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Територія досліджень розташована в Чоп-Мукачівській западині Закарпатської області України, до якої приурочений однойменний басейн підземних вод. Гідрографія визначається головними водотоками Закарпатського регіону – річками Тиса, Латориця, Уж, Боржава.

Прісні підземні води на доступній глибині, мають добру якість і зосереджені в основному в алювіальному водоносному горизонті минайського віку. Алювіальні відклади представлені відсортованими піщано-галечними породами і крупнозернистим піском, у деяких місцях вони чергуються із суглинками та глинами. Товщина водоносного горизонту змінюється від 1–2 до 300 м. Води горизонту безнапірні й слабконапірні. За хімічним складом вони гідрокарбонатні кальцієві, кальцієво-магнієві,

кальцієво-натрієві й майже завжди з домішками хлоридів і сульфатів. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і талих вод, річкових вод у період повені, а також їхньої інфільтрації з Вигорлат-Гутинського гірського пасма. Розвантаження підземного потоку здійснюється в р. Тиса та її притоки. У межах відгалуження Вигорлат-Гутинського гідрогеологічного вулканогенного масиву ґрунтовий водоносний горизонт розповсюджений епізодично.

Вихідною інформацією для цього дослідження стали результати хімічного аналізу проб води (починаючи із 1960 р.) централізованих, окремих водозаборів та одиночних свердловин, які експлуатують ґрунтовий водоносний горизонт. Найбільш повний ряд спостережень за хімічним складом ґрунтових вод відображений 1965 р. (118 аналізів) і за 2010 р. (87 аналізів). В останні роки в Чоп-Мукачівському басейні планових моніторингових досліджень хімічного складу ґрунтових вод не проводилося. У 2012–2015 рр. є інформація про хімічний склад

ґрунтових вод 14 свердловин, які розташовані на приватних ділянках.

Експериментально-практичні дослідження, що ґрунтувалися на ліцензованому програмному забезпеченні ArcGIS, дозволили здійснити вибір картографічної проєкції та провести геокодування даних хімічного складу ґрунтових вод.

На основі вихідних даних авторами сформовано спеціалізовану геоінформаційну базу даних хімічного складу ґрунтових вод.

Необхідно зазначити, що картографічною основою дослідження є цифрова карта Закарпатської області масштабу 1 : 200 000, складовими елементами якої є: адміністративні межі; об'єкти гідрографії; населені пункти; мережа автошляхів і залізниць; рельєф (горизонталі та абсолютні відмітки). На рис. 1. представлена функціональна модель бази даних, головними блоками якої є топографічне навантаження та спеціальний зміст.



Рис. 1. Функціональна модель спеціалізованої бази даних хімічного складу ґрунтових вод

Для виявлення тенденцій зміни хімічного складу ґрунтових вод у часі на основі одномірного статистичного аналізу визначався закон щільності розподілу. Аналіз кореляційної матриці свідчить про те, що станом на 1965 р. між мінералізацією, жорсткістю і хлоридами виявлено досить значимий за тіснотою прямий зв'язок (коефіцієнти кореляції становлять від 0,61 до 0,87). Дещо слабшим є зв'язок між жорсткістю і хлоридами ( $r = 0,48$ ). Таким чином, при збільшенні жорсткості та іонів хлору у воді закономірно підвищується її мінералізація. Водночас не було виявлено значимих за щільністю кореляційних зв'язків між зазначеними вище компонентами на період 2010 р. ( $r$  від 0,19 до 0,40), що, імовірно, пояснюється впливом інших компонентів хімічного складу, які не аналізувалися.

Методом зворотних зважених відстаней (33В чи IDW) було змодельовано растрові й векторні поверхні поля мінералізації та інших елементів хімічного складу ґрунтових вод станом на 2010 р. 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 станом на 1965 та 2010 рр.

У результаті проведення оверлейного аналізу з використанням автоматизованого методу математичного накладання (різниця поверхонь) побудовано відповідні

карти величин мінералізації, жорсткості та вмісту хлоридів за період із 1965 по 2010 рр. Для прикладу, на рис. 2 наводиться карта зміни значень мінералізації ґрунтових вод за цей період.

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

З використанням засобів геоінформаційних технологій вивчалися умови формування хімічного складу. Аналіз побудованої поверхні змін величини мінералізації (рис. 2) 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, у зоні впливу водозабору для господарсько-питного водопостачання м. Ужгород фіксується збільшення мінералізації на 200–300 мг/дм<sup>3</sup> за рахунок можливого підтягування мінералізованих вод із чопського водоносного горизонту при відборі об'єму води, що перевищує затверджену. Антропогенне походження скоріш за все має підвищення мінералізації на 250–400 мг/дм<sup>3</sup> у межах промислових зон міст Мукачеве, Берегове, Виноградів, що в більшості випадків пов'язане із 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.

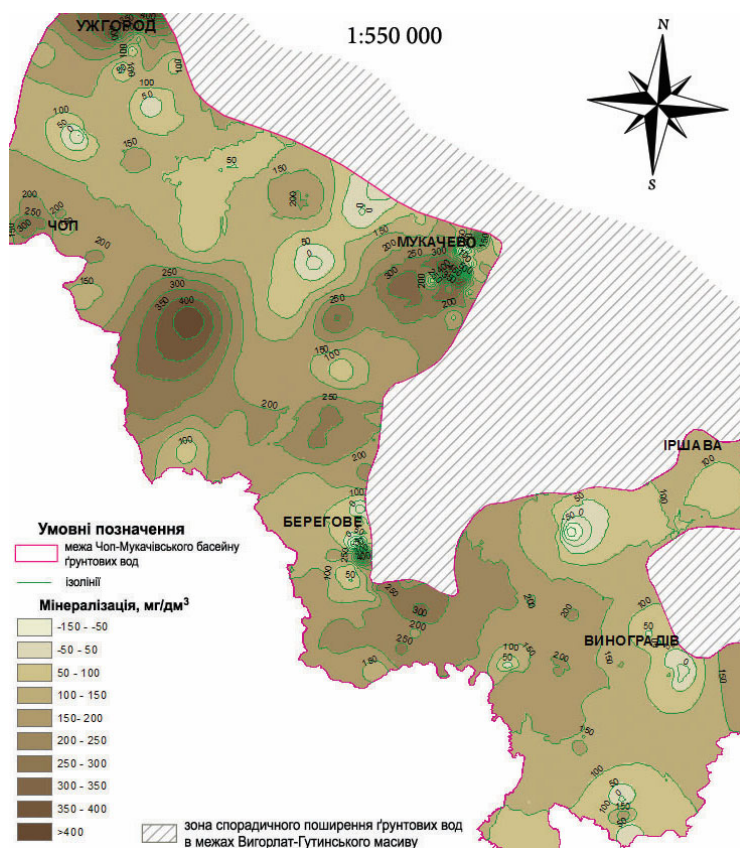


Рис. 2. Карта зміни значень мінералізації ґрунтових вод

Очевидним є те, що ділянки з підвищеною мінералізацією просторово збігаються з ділянками, які характеризуються високою жорсткістю та завищеним вмістом хлорид-іонів. Вони зустрічаються на 40 % території досліджень і розповсюджені локально в містах Ужгород, Мукачеве, 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 поздовжніх розломів – Мукачівського, Чопського, Берегівського, де по ослаблених тектонічних зонах відбувається розвантаження мінералізованих вод у водоносні горизонти верхньої гідродинамічної зони.

Інтенсивність антропогенного впливу на ґрунтові води багато в чому визначається ступенем їхньої захищеності. Захищеність залежить від природних і антропогенних факторів. До основних природних належать: глибина залягання підземних вод, наявність у розрізі й товщина водотривких порід, наявність гідрогеологічних вікон, літологія і сорбційні властивості порід, співвідношення рівня ґрунтового і напірних водоносних горизонтів. До антропогенних факторів слід віднести наявність та умови знаходження забруднювальних речовин на поверхні землі, швидкість їхнього проникнення у підземні води, хімічний склад забруднювальних речовин і, як наслідок, їхню міграційну здатність, хімічну стійкість, характер взаємодії з породами і підземними водами.

В основі якісної оцінки природної захищеності ґрунтових вод лежить визначення суми умовних балів, обумовлених природними факторами. За сумою балів виділяють категорії захищеності: захищені, умовно захищені та незахищені ґрунтові води.

У зв'язку з цим подальшого розвитку набула методика якісної оцінки умов природної захищеності ґрунтових вод В.М. Гольдберга (Гольдберг, 1987) шляхом комплексного застосування літологічних і гідродинамічних характеристик геологічного середовища. Побудовано растрову цифрову модель рельєфу (спочатку на основі шару ізоліній рельєфу, за допомогою модуля 3D Analyst створена векторна модель рельєфу, після чого векторна модель конвертована в растрову). На основі даних про глибину залягання підземних вод, що були занесені до спеціалізованої бази даних (по 87 свердловинам станом на 2010 р.) побудовано растрову модель глибини залягання ґрунтових вод (*idw\_rgv*). У подальшому, використовуючи дані про потужність шару слабопроникних відкладів, виконана побудова растрової моделі потужності шару слабопроникних відкладів (*idw\_pot*). З метою визначення сумарної бальної оцінки природної захищеності ґрунтового водоносного горизонту алювіальних відкладів в ArcGIS за допомогою функції Spatial Analyst → Map Algebra → Raster Calculator реалізовано математичне накладання двох растрових шарів (*idw\_rgv* + *idw\_pot*), на основі чого здійснено ранжування досліджуваної території.

Результатом є створена карта просторової диференціації ґрунтового водоносного горизонту за сумарною бальною оцінкою природної захищеності. Застосовуючи цю модернізовану методику за допомогою засобів геoinформаційних технологій, побудовано растрові шари глибини залягання ґрунтових вод і товщини шару слабопроникних відкладів. З метою визначення сумарної бальної оцінки природної захищеності ґрунтових вод в ArcGIS створено карту просторової диференціації ґрунтового водоносного горизонту за сумарною бальною оцінкою природної захищеності. Незахищені ґрунтові води показані світло-зеленим кольором, а умовно захищені – темно-зеленим і зеленим (рис. 3).

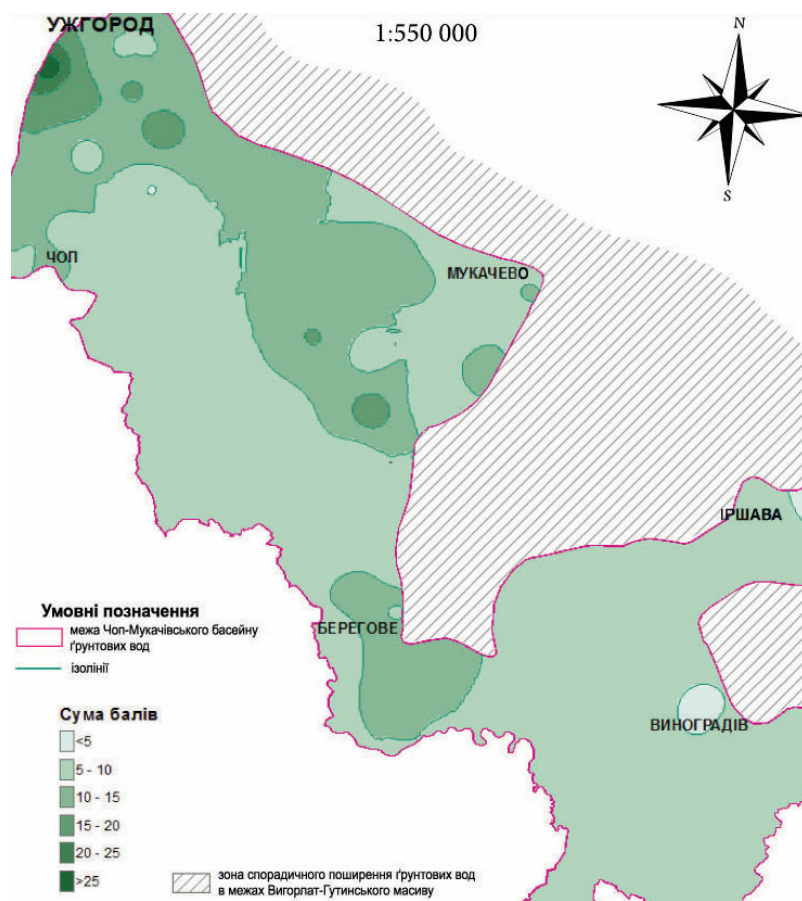


Рис. 3. Карта просторової диференціації ґрунтового водоносного горизонту за сумарною бальною оцінкою природної захищеності

Спільне врахування літологічних і гідродинамічних характеристик дозволяє виділити дві категорії захищеності ґрунтового водоносного горизонту – незахищені, яким за сумою балів відповідає градація від 5 до 20 (71 % площі розповсюдження ґрунтових вод), та умовно захищені з градацією від 20 і більше (29 %). Незахищені ґрунтові води залягають в південно-східній та західній частині Чоп-Мукачівського басейну, умовно захищені – у північній частині.

Урахування умов захищеності та виділення категорій мінералізації й жорсткості (Алекин, 1970) ґрунтових вод дозволило створити карти літолого-гідрогеохімічного стану ґрунтових вод на 1965 р. та 2010 р. (рис. 4 а, б).

Так, південно-східна та західна частини території, які належить до незахищених, характеризуються зміною як мінералізації, так і жорсткості води. Води змінилися з ультрапрісних м'яких на прісні із помірно жорсткістю або із прісних помірно жорстких – на води жорсткі із підвищеною мінералізацією.

Причини такої зміни пояснюються тим, що ділянки з незахищеними водами залягають в заплавах рік Тиса, Латориця, Боржава, де верхній водотривкий шар відсутній або ж складений глинами, суглинками невеликої товщини. На заплавах цих рік ґрунтові води мають тісний гідралічний зв'язок з поверхневими. За наявності поверхневого джерела забруднення внаслідок перетоків тут збільшується імовірність погіршення їхньої якості.

Крім того, наявність численних меліоративних каналів у західній частині території призвело до зниження захисних властивостей слабопроникних порід, що значно порушило природну захищеність ґрунтових вод.

Суттєві відхилення у зміні хімічного складу, що зафіксовані поблизу локальних ділянок приміських територій

(міст Мукачево, Берегове, Ужгород), де води ґрунтового водоносного горизонту змінилися з ультрапрісних м'яких або з помірно жорстких на води жорсткі з підвищеною мінералізацією, є підтвердженням негативного впливу антропогенного навантаження. Цьому також сприяє як активна експлуатація їх централізованими водозаборами в межах перелічених ділянок, так і наявність численних джерел забруднення.

У північній частині ділянки дослідження, де водотрив витриманий за товщиною, відсутні гідрогеологічні вікна, води класифікуються як умовно-захищені. Кардинальних змін мінералізації та жорсткості води не сталося.

Використовуючи карти зміни гідрогеохімічної обстановки та карту просторової диференціації ґрунтового водоносного горизонту за сумарною бальною оцінкою природної захищеності за результатами багатолітніх досліджень на основі комплексного підходу виконано районування території Чоп-Мукачівського басейну (рис. 5).

За результатами цього аналізу вдалося виділити:

1. Ділянки без помітних відхилень хімічного складу води. Сюди входять площі з позитивними змінами хімічного складу (ваговий коефіцієнт дорівнює 1) та площі, де змін хімічного складу не відбулося (ваговий коефіцієнт дорівнює 0).

2. Ділянки зі значними змінами хімічного складу, куди входять площі з негативними змінами хімічного складу (ваговий коефіцієнт дорівнює –1).

3. За допомогою засобів геоінформаційних технологій встановлено, що до умовно-захищених ділянок приурочені ґрунтові води без помітних відхилень, а до ділянок із слабкою природною захищеністю – ґрунтові води із значними змінами хімічного складу.

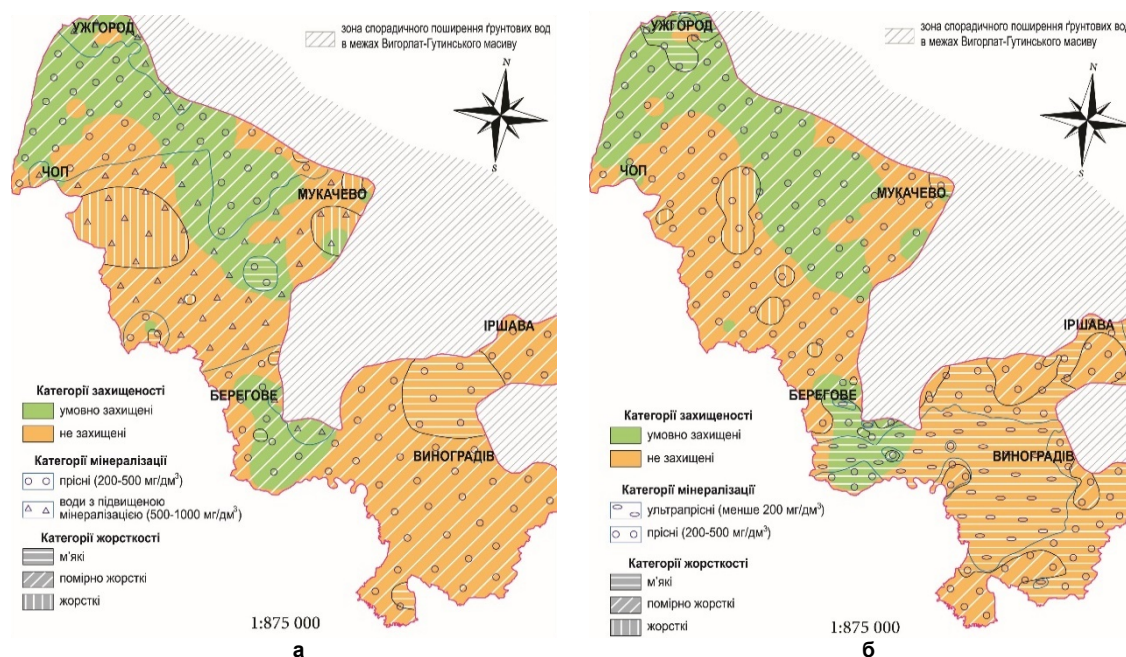


Рис. 4. Карти літолого-гідрогеохімічного стану ґрунтових вод:  
а – 1965 р.; б – 2010 р.

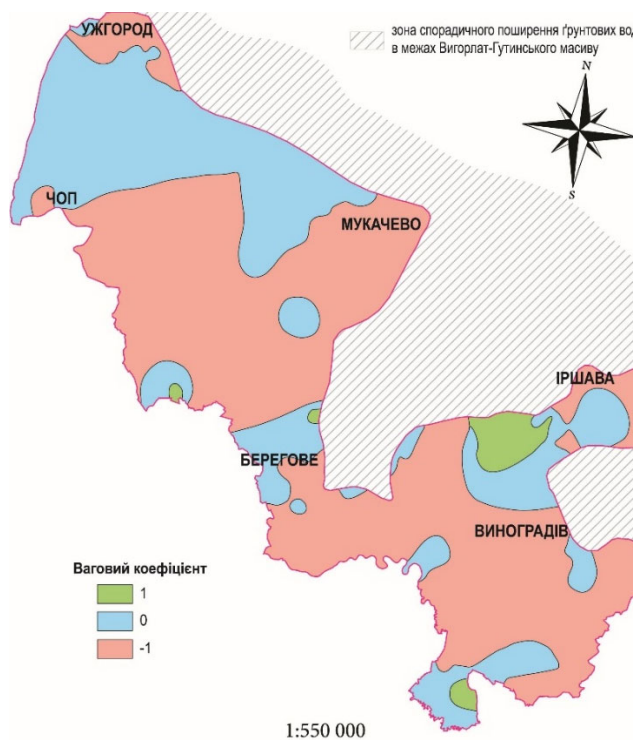


Рис. 5. Карта динаміки гідрогеохімічної обстановки ґрунтових вод за період з 1965 по 2010 рр.

**Висновки.** Використання геоінформаційних технологій дозволило простежити кількісні зміни хімічного складу ґрунтових вод у часі й просторі. Створення карт різниці величини мінералізації, жорсткості й вмісту хлоридів та ін. дало змогу з'ясувати, що майже на всій території дослідження (95 % від загальної площі) відбулося підвищення мінералізації, на половині території зросла жорсткість води, підвищився вміст хлоридів та ін. Імовірними причинами забруднення ґрунтових вод є антропогенні фактори (інтенсивний водовідбір, сільськогосподарська діяльність, функціонування об'єктів транспортної інфраструктури).

За вдосконаленою методикою В.М. Гольдберга виконано просторову оцінку природних умов захищеності ґрунтового водоносного горизонту Чоп-Мукачівського

басейну. Виділено дві категорії захищеності ґрунтових вод – незахищені (71 % площі розповсюдження цього горизонту) та умовно захищені (29 %). Установлено, що південно-східна та західна частина Чоп-Мукачівського басейну належить до незахищених, а в північній частині – ґрунтові води картується як умовно-захищені. За допомогою засобів геоінформаційних технологій встановлено, що до умовно-захищених ділянок приурочені ґрунтові води без помітних змін, а до незахищених ділянок – ґрунтові води зі значними змінами хімічного складу.

В умовах збільшення антропогенного навантаження з метою недопущення погіршення сучасного гідрогеохімічного стану ґрунтових вод Чоп-Мукачівського басейну вважається за доцільне рекомендувати підвищити контроль

за режимом водовідбору ґрунтових вод і за їхніми хімічними показниками. Обов'язковим є проведення заходів з мінімізації впливу джерел забруднення (міські водозабори, станційні пункти миття вагонів, промислові відходи та господарсько-побутові стоки) на ґрунтові води. При визначенні пріоритетів проведення моніторингу підземних вод ключову роль має відігравати категоризація території за ступенем захищеності ґрунтових вод.

#### Список використаних джерел

- Алекин, О.А. (1970). Основы гидрохимии. Гидрометеиздат.  
 Гольдберг, В.М. (1987). Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Гидрометеиздат.  
 Кошляков, О. Кошлякова, Т. (2010). Геоинформационная база данных химического состава питных подземных вод для территории м. Киева. *Вісник Київського національного університету. Геологія*, 51, 36–38.  
 Огняник, Н.С. (1985). Охрана подземных вод в условиях техногенеза. Вища школа.  
 Остроух, О. (2011). Вивченість та сучасний стан використання підземних вод Закарпатської області. *Вісник Харківського національного університету. Геологія-Географія-Екологія*, 986, 56–61.  
 Остроух, О. (2012). Природні та антропогенні чинники зміни хімічного складу підземних вод на території південно-західної частини Закарпатської області. *Вісник Київського національного університету. Геологія*, 57, 67–69.  
 Почтаренко, В., Саніна, І., Люта, Н. (2002). Оцінка екологічного стану геологічного середовища із застосуванням ГІС-технологій. *Геоінформатика*, 1, 20–33.  
 Радько, Н.І. (1975). Підземні води Закарпатського внутрішнього прогину. К.: Наук. думка.  
 Рубан, С.А., Шинкаревський, М.А. (2005). Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. К.: УкрДГРІ.

Чомко, Д., Остроух, О. (2009). Сучасний стан та проблеми використання ГІС-технологій в геологічних дослідженнях. *Вісник Харківського національного університету. Геологія-Географія-Екологія*, 882, 99–102.

#### References

- Alekin, O.A. (1970). Fundamentals of hydrochemistry. Hydrometeizdat. [in Russian]  
 Chomko, D., Ostrokh, O. (2009). Current state and problems of using GIS-technologies in geological research. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Geology-Geography-Ecology*, 882, 99–102. [in Ukrainian]  
 Goldberg, V.M. (1987). The relationship of groundwater pollution and the environment. Hydrometeizdat. [in Russian]  
 Koshliakov, O. Koshliakova, T. (2010). Geoinformation database of the chemical warehouse of fresh water for the territory of metro station Kyiv. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 51, 36–38. [in Ukrainian]  
 Ognianik, N.S. (1985). Groundwater protection under technogenesis. High school. [in Ukrainian]  
 Ostrokh, O. (2011). Studied and current state of the use of groundwater in the Transcarpathian region. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Geology-Geography-Ecology*, 986, 56–61. [in Ukrainian]  
 Ostrokh, O. (2012). Natural and anthropogenic factors changing the chemical composition of groundwater in the southwestern part of Transcarpathian region. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 57, 67–69. [in Ukrainian]  
 Pochtarenko, V., Sanina, I., Liuta, N. (2002). Assessment of the ecological status of the geological environment using GIS technologies. *Geoinformatics*, 1, 20–33. [in Ukrainian]  
 Radko, N.I. (1975). Groundwater of Transcarpathian internal deflection. K.: Nauk. dumka. [in Ukrainian]  
 Ruban, S.A., Shinkarevsky, M.A. (2005). Hydrogeological estimations and forecasts of the groundwater regime of Ukraine. K.: UkrDGRI. [in Ukrainian]

Надійшла до редколегії 21.05.2020

O. Ostrokh, Cand. Sci. (Geol.),  
 E-mail: ostro-oks@ukr.net;  
 Taras Shevchenko National University of Kyiv, Geological Exploring College,  
 9 V. Tiutiunnyk Str., Kyiv, 03680, Ukraine;  
 D. Chomko, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.,  
 E-mail: dimath@ukr.net;  
 Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology,  
 90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine;  
 V. Ostrokh, Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof.,  
 E-mail: os-vit@ukr.net;  
 I. Pidlisetska, Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof.,  
 E-mail: irinna2008@ukr.net;  
 Taras Shevchenko National University of Kyiv, Faculty of Geography,  
 2a Ac. Glushkova Ave., Kyiv, 03127, Ukraine

### USE OF SPATIAL ANALYSIS TOOLS AND CAPABILITY OF GEOINFORMATION SYSTEMS FOR ASSESSMENT OF THE STATE OF UNDERGROUND WATERS

*The results of the study of the ecological-hydrogeochemical state of the underground waters of the Chop-Mukachevo basin and the identification of its spatio-temporal changes in the chemical composition using GIS facilities are presented. The methodology for processing the initial hydrogeological data on the basis of geographic information technologies has been improved and tested on the example of spatio-temporal changes in the indicators of chemical composition. A specialized geoinformation database of the chemical composition of groundwater has been created. The evaluation of spatio-temporal patterns of changes in the chemical composition using statistical analysis, cartographic modeling, and spatial analysis in GIS, identified areas with increased salinity and hardness of groundwater. Based on an integrated approach, zoning was performed and the current hydrogeochemical state of the groundwater resources of the study area was evaluated.*

**Keywords:** geoinformation methods, modeling, spatio-temporal changes, Chop-Mukachevo basin, groundwater, chemical composition, monitoring, database, security.

O. Остроух, канд. геол. наук,  
 E-mail: ostro-oks@ukr.net;  
 Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
 Колледж геологоразведочных технологий, ул. В. Тютюнника, 9, г. Киев, 03680, Украина;  
 Д. Чомко, канд. геол. наук, доц.,  
 E-mail: dimath@ukr.net;  
 Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
 УНІ "Інститут геології", ул. Васильківська, 90, г. Киев, 03022, Украина;  
 В. Остроух, канд. геогр. наук, доц.,  
 E-mail: os-vit@ukr.net;  
 І. Подлесецька, канд. геогр. наук, доц.,  
 E-mail: irinna2008@ukr.net;  
 Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
 географічний ф-т, пр. Акад. Глушкова, 2, а, г. Киев, 03127, Украина

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

*Изложены результаты исследования эколого-гидрогеохимического состояния грунтовых вод Чоп-Мукачевского бассейна и выявления пространственно-временных изменений их химического состава с помощью средств ГИС. Усовершенствована методика обработки исходных гидрогеологических данных на базе геоинформационных технологий и апробирована на примере пространственно-временных изменений показателей химического состава. Создана специализированная геоинформационная база данных химического состава грунтовых вод. По результатам оценки пространственно-временных закономерностей изменений химического состава с применением статистического анализа, картографического моделирования и пространственного анализа в ГИС установлены районы с повышенной минерализацией и жесткостью грунтовых вод. На основе комплексного подхода выполнено районирование и проведена оценка современного гидрогеохимического состояния ресурсов грунтовых вод территории исследования.*

**Ключевые слова:** геоинформационные методы, моделирование, пространственно-временные изменения, Чоп-Мукачевский бассейн, грунтовые воды, химический состав, мониторинг, база данных, защищенность.