

**БАГАТОРІЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІН МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ҐРУНТОВИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД ТЕРИТОРІЇ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ (НА ОСНОВІ ГІС)**

Представлені результати досліджень просторово-часових змін мінералізації ґрунтових підземних вод в межах території південно-західної частини Закарпатської області за багаторічний період експлуатації. В процесі науково-експериментальних досліджень доведена ефективність використання засобів просторового аналізу та можливостей ГІС.

*Ключові слова:* підземні води, мінералізація, просторово-часові зміни, ГІС-технології, порівняльний аналіз.

Представлены результаты исследований пространственно-временных изменений минерализации грунтовых подземных вод в пределах территории юго-западной части Закарпатской области за многолетний период эксплуатации. В процессе научно-экспериментальных исследований доказана эффективность использования средств пространственного анализа и возможностей ГИС.

*Ключевые слова:* подземные воды, минерализация, пространственно-временные изменения, ГИС-технологии, сравнительный анализ.

The results studies spatial-temporal changes in soil salinity groundwater within the territory south-western part of the Transcarpathian region for a long period of operation. In the process research and experimental studies demonstrate the efficiency the use spatial analysis and GIS capabilities.

*Key words:* groundwater, salinity, spatial and temporal changes, of GIS technology, comparative analysis.

**Постановка проблеми.** Дослідження якісного складу питних підземних вод, який в умовах збільшення антропогенного навантаження поступово змінюється на слабо порушений або порушений на даний час набуває великої актуальності. Складність і різноманіття природних факторів та антропогенна дія на підземні води вимагають своєчасної і адекватної оцінки якості підземних вод, тенденцій зміни їх параметрів. Визначення закономірностей гідрогеологічних процесів, що відбуваються в підземних водах, своєчасне виявлення їх природних чи техногенних наслідків, оцінювання та подальший їх прогноз є метою моніторингових досліджень.

**Стан вивчення проблеми.** Для забезпечення потреб водопостачання населення, промислових та сільськогосподарських об'єктів території південно-західної частини Закарпатської області, де розташовані найбільші населені пункти (Ужгород, Мукачеве, Берегове, Чоп, Виноградів), широко використовуються підземні води ґрунтового водоносного горизонту алювіальних відкладів минайської світи (al Р<sub>II-III</sub>mn). Моніторингові спостереження за хімічним складом підземних вод в межах території дослідження проводяться Закарпатською геологорозвідувальною експедицією починаючи з 1965 року. У відібраних пробах визначається вміст основних макро- та мікрокомпонентів, загальної мінералізації та твердості, азотистих сполук (нітрати, нітрити, амоній), заліза, марганцю. На площі розвитку

алювію минайської світи виділяються ділянки, де поширені підземні води з підвищеним вмістом хлору, мінералізації та жорсткості води. В ряді випадків аномалії пов'язують з природними причинами (с. Батьово, м. Берегове) та з промисловим забрудненням (ряд водозаборів м. Мукачеве).

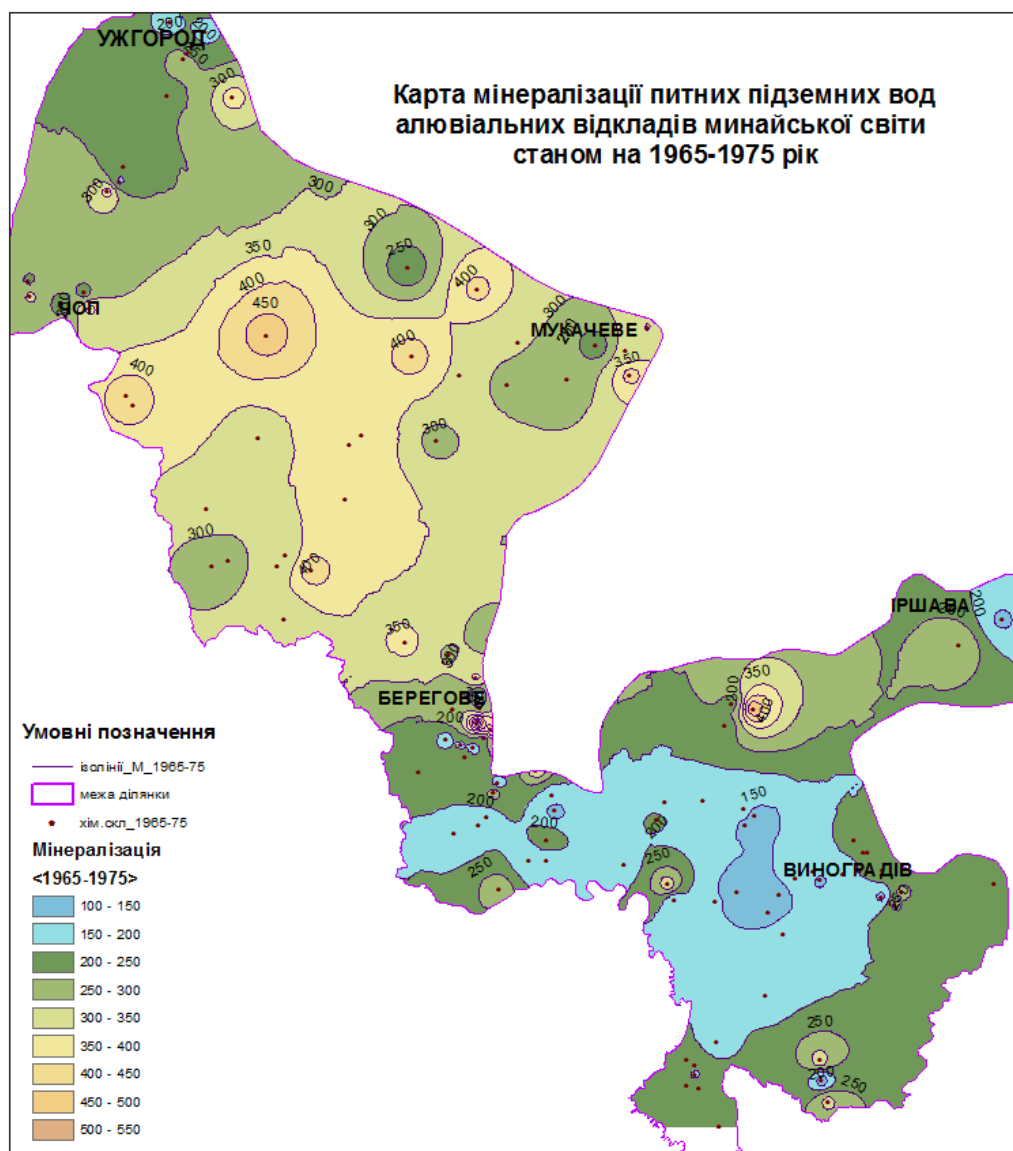
Як у вітчизняній, так і у закордонній практиці, оцінюються, як правило, зміни хімічного складу лише за відносно короткий проміжок часу антропогенної дії. У наявних режимно-довідникових публікаціях (Звітах по вивченню режиму підземних вод, контролю за їх станом на території Закарпатської області) [1] оцінка забруднення подається за даними за поточний рік в порівнянні з показниками за декілька попередніх років. Оцінки тенденцій багатолітніх (30–40 років) змін хімічного складу підземних вод в межах південно-західної частини Закарпатської області в доступній літературі не виявлені.

**Метою дослідження** є аналіз і оцінка просторово-часових змін мінералізації підземних вод водоносного горизонту алювіальних відкладів минайської світи за багаторічний період експлуатації на основі ГІС-технологій.

**Методика та результати дослідження.** На сьогодні ГІС-технології, які виступають важливим засобом вивчення і обробки просторових процесів і явищ, внесли принципово нові зміни в технологічні схеми обробки гідрогеологічної інформації, чим значно прискорили і оптимізували цей процес. Наочність зображення процесів, що досліджуються, можливість створення складних багатопараметричних моделей, а також використання математико-статистичних апаратів роблять ГІС незамінним помічником обробки великих масивів даних результатів гідрогеологічних досліджень.

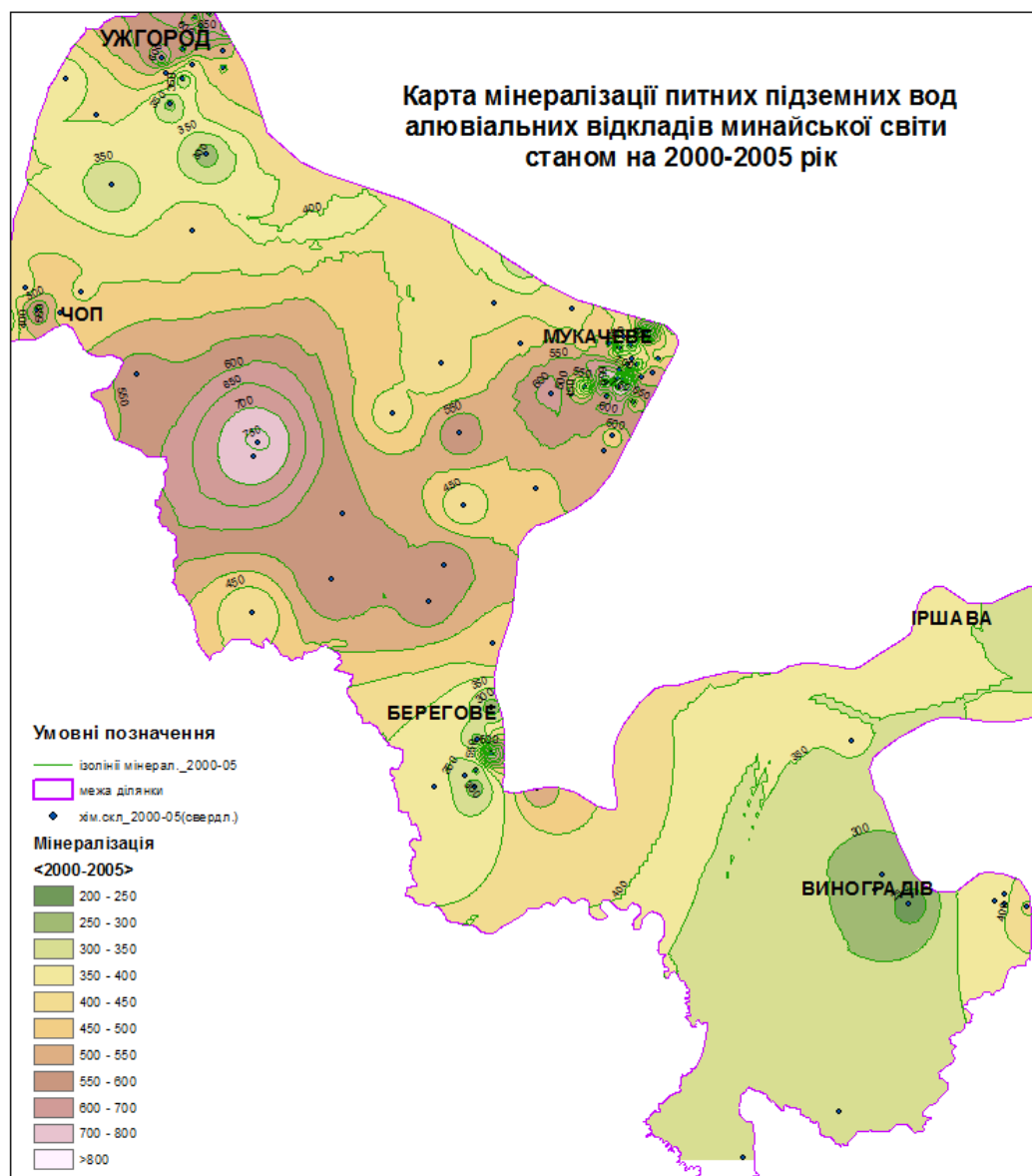
Для відтворення цілісної картини дослідження та проведення аналізу просторово-часових змін мінералізації підземних вод за багаторічний період експлуатації доцільним є використання ГІС-технологій, зокрема ArcGIS Desktop. Передусім, для виявлення основних тенденцій змін у просторі й часі мінералізації підземних вод основного алювіального водоносного горизонту минайської світи виконуємо математико-статистичну обробку вихідних даних, в результаті якої перевіряємо приналежність двох вибірок (1965–1975 роки та 2000–2005 рік) до однієї генеральної сукупності [3]. Для оцінки статистичних властивостей даних на базі ArcGIS Desktop застосовуються інструменти Дослідницького аналізу просторових даних (ESDA), що підключені до модуля *ArcGIS Geostatistical Analyst*. В результаті проведеної статистичної перевірки встановлено, що обидві вибірки даних не підкоряються нормальному закону розподілу, але підпорядковуються логнормальному закону розподілу, тому можна стверджувати, що вони належать до однієї генеральної сукупності.

Подальші науково-експериментальні дослідження включали картографічне порівняння двох результуючих карт мінералізації, побудованих на різні моменти часу – на період 1965–1975 рік та 2000–2005 роки. Карта мінералізації підземних вод станом на 1965–1975 роки (рис.1) побудована на основі вихідних даних по 118 водозабірних свердловинах, що були пробурені на той час. Загалом, середина 70-х років минулого століття – це період введення в експлуатацію більшості водозаборів території дослідження, затвердження запасів підземних вод.



**Рис. 1. Карта мінералізації питних підземних вод алювіальних відкладів минайської світи станом на 1965–1975 роки**

Карта мінералізації питних підземних вод станом на 2000–2005 роки побудована за даними по 87 водозабірних свердловинах, що діяли в цей період часу (рис. 2).



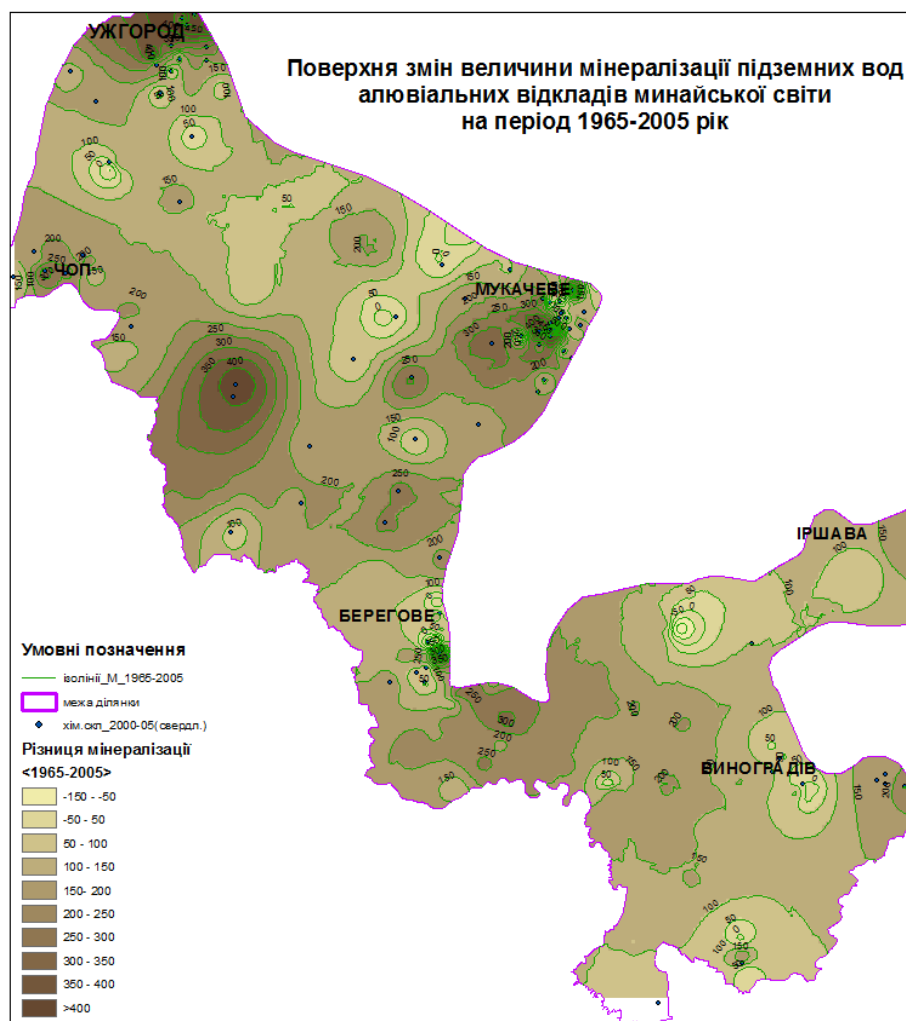
**Рис. 2. Карта мінералізації питних підземних вод алювіальних відкладів минайської світи станом на 2000–2005 роки**

Для кращого наочного сприйняття обидві результуючі карти мають подібну класифікацію та, відповідно, кольоровий фон.

Візуально співставивши дві результуючі карти, можна зробити попередній висновок про збільшення мінералізації майже на всій площі дослідження. Станом на 1965–1975 роки велику площу території дослідження займають води з мінералізацією 100–350 мг/дм<sup>3</sup>, тільки в центральній частині мінералізація підземних вод алювіальних відкладів становить 400–550 мг/дм<sup>3</sup>. Іншу «картину» має карта мінералізації станом на 2000–2005 роки. На цей період часу зникає градація мінералізації менше 200 мг/дм<sup>3</sup>, натомість з'являється градація з мінералізацією вище 550 мг/дм<sup>3</sup>, причому майже на чотири порядки, що підтверджує тенденцію до збільшення цього показника. Локальні осередки з

підвищеними значеннями мінералізації ( $> 600 \text{ мг/дм}^3$ ) розташовані поблизу великих населених пунктів.

На наступному етапі був виконаний оверлейний аналіз картографічного розподілу за площею величини мінералізації підземних вод алювіальних відкладів минайської світи в межах південно-західної частини Закарпатської області. Для оцінки масштабів просторово-часових змін величини мінералізації використаний автоматизований метод математичного накладання. Математичне накладання в ArcGIS реалізується за допомогою функції *Spatial Analyst*. В результаті виконання всіх необхідних операцій отримуємо грид-поверхню змін величин мінералізації підземних вод алювіальних відкладів минайської світи за період 1965–2005 роки (рис. 3).



**Рис. 3. Поверхня змін величини мінералізації підземних вод алювіальних відкладів минайської світи за період 1965–2005 роки**

Аналіз побудованої поверхні змін величин мінералізації показує, що майже на всій площі ділянки дослідження (95% від загальної площі території дослідження) відбулося підвищення мінералізації, на 3,3% території відсутніх змін не відбулося, і тільки на 1,5% площі мінералізація дещо зменшилась. Істотне

збільшення мінералізації (у 1,5–2 рази) фіксується поблизу великих населених пунктів – Мукачеве, Ужгород, Чоп, в межах центральної частини території (сmt. Батьово) та в районі Мужіївського родовища. Суттєвого збільшення мінералізації не відбулося (чи навіть вона трохи зменшилась) в межах локальних ділянок північно-східної та південної частини території дослідження.

В цілому, порівняльний аналіз створених результуючих карт мінералізації на різні проміжки часу та їх порівняння з фактичними даними дозволяють зробити висновок про те, що загалом карти добре відобразили тенденції й динаміку змін мінералізації території дослідження.

Щоб отримати кількісну оцінку масштабів змін мінералізації в часі, необхідно порівняти площі полігонів з різною мінералізацією двох карт (на період 1965–1975 роки та 2000–2005 роки). Площі полігонів представлені у відсотках від загальної площі ділянки дослідження. Гістограма порівняння площ полігонів з різною мінералізацією буде мати наступний вигляд (рис. 4).

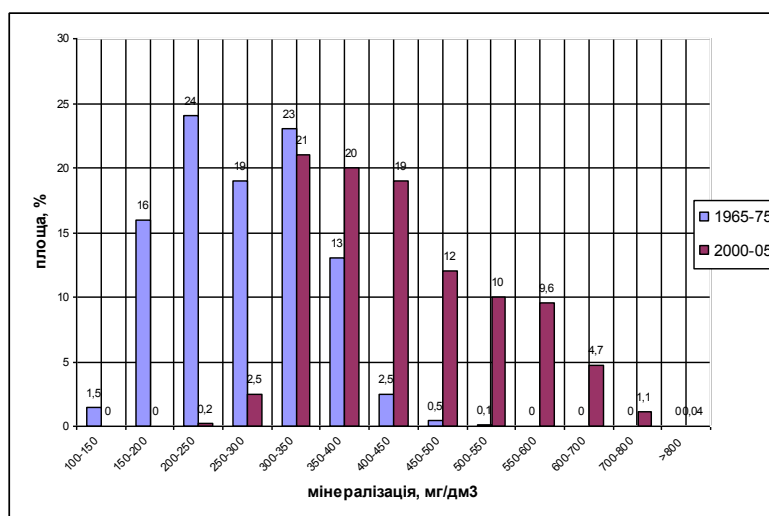


Рис. 4. Гістограма порівняння площ полігонів з різною мінералізацією станом на 1965–1975 роки та 2000–2005 роки

Як бачимо на рис. 4, за період 1965–1975 роки велика частина площі ділянки дослідження була піддана мінералізації 200–400 мг/дм³, площі з градацією мінералізації більше 550 мг/дм³ відсутні. За тривалий проміжок часу (майже 40 років) ситуація дещо змінилася. Станом на 2000–2005 рік площі полігонів з мінералізацією менше 200 мг/дм³ зникли, натомість, збільшився відсоток площ з мінералізацією більше 550 мг/дм³. Для більшої частини території дослідження величини мінералізації зросли на 200–300 мг/дм³.

**Висновки.** Створення та аналіз на базі геоінформаційних технологій карт мінералізації підземних вод алювіальних відкладів минайської світи території південно-західної частини Закарпатської області дозволяють зробити висновок про тенденції до зростання цього показника в часі за багаторічний період експлуатації. В результаті науково-експериментальних досліджень надана кількісна оцінка масштабів змін величин мінералізації в просторі і часі.

В цілому, порівняльний аналіз створених результуючих карт мінералізації за різні проміжки часу та їх порівняння з фактичними даними дозволяють зробити

висновок про те, що загалом карти добре відобразили тенденції й динаміку змін мінералізації території дослідження. Доведено, що використання засобів просторового аналізу та можливостей ГІС значно розширюють і підвищують ефективність обробки наявної гідрогеологічної інформації.

### **Бібліографічні посилання**

1. **Жарнікова Р. С.** Оцінка стану прогнозних ресурсів та експлуатаційних запасів підземних вод Закарпатської області: (Звіт за 2000–2007 рр.) / Р. С. Жарнікова. – Берегове, 2007.

2. **Іщук О. О.** Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: Навчальний посібник / О. О. Іщук, М. М. Коржнев, О. Є. Кошляков; за ред. Д. М. Гродзинського. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. – 200 с.

3. **Кошляков О. Є.** Гідрогеологічне моделювання: Підручник / О. Є. Кошляков – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. – 79 с.

4. **Сеннов А. С.** Геоинформационные системы в гидрогеологии: учебное пособие / А. С. Сеннов, А. А. Шварц. – С.-Пб. ун-т., 2005. – 64 с.

*Надійшла до редколегії 01.04.2014 р.*