

О.В. Щербак

## ПРОСТОРОВА ОЦІНКА ЗАСОБАМИ ГІС ЗАСОЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НЕОГЕНОВОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСУ НА ТЕРИТОРІЇ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

За допомогою засобів ГІС виконано просторове відображення часової мінливості мінералізації підземних вод неогенового водоносного комплексу на території Херсонської області. Встановлено, що площа поширення мінералізованих вод збільшується в часі. Питними залишаються води, поширені у південній та частково північній частинах області. Решта території області зазнає процесу засолення підземних вод.

**Ключові слова:** підземні води, геоінформаційні системи, водоносний комплекс, мінералізація, засолення, Херсонська область.

**Постановка проблеми.** Підземні води є важливим цінним відновлюваним природним ресурсом для забезпечення питних потреб людини. В умовах інтенсивного антропогенного освоєння територій підземна гідросфера зазнає подекуди вже незворотних змін. Результатом цього є скорочення ресурсів питних підземних вод і зростання водного дефіциту. Таким чином, процеси деградації якості підземних вод – одна з найгостріших екологічних проблем сучасності.

Б. Моріс зі співавторами [4] серед основних довготривалих глобальних процесів, що ведуть до зменшення ресурсів прісних підземних вод світу, виділяють: засолення, збільшення водовідбору та зміни клімату.

Засолення підземних вод залишається актуальним питанням для південних регіонів України, зокрема Херсонської області, де підземні води є фактично єдиним джерелом питного водопостачання. Просторовий аналіз розвитку цього процесу на основі сучасних геоінформаційних систем (ГІС) дає змогу підвищити ефективність системи моніторингу підземних вод і встановити основні тенденції розвитку процесу в часі.

**Мета статті.** За просторовим аналізом розвитку процесу засолення підземних вод основного неогенового водоносного комплексу (ВК) на території Херсонської області в часі виявити масштаби й основні тенденції цього процесу та обґрунтувати ефективність застосування ГІС для оцінки мінливості стану підземних вод за площею.

**Аналіз стану проблеми.** Водопостачання населення Херсонської області відбувається передусім за рахунок підземних вод у верхньо-, середньо-сарматських, меотичних і понтичних відкладах неогену. Згідно з гідрогеологічним районуванням території України, водоносні горизонти, що експлуатуються, приурочені до Причорноморського артезіанського басейну. Водовмісними породами

переважно є різновікові тріщинуваті вапняки; їх залягання невитримане у розрізі, типовим є часте перешарування з водонепроникними породами. Таким чином, водоносні горизонти неогену утворюють потужну гідравлічно зв'язану водопроникну систему, яку розглядають як єдиний основний неогеновий ВК.

Під впливом інтенсивного іригаційного освоєння території, спорудження Каховського водосховища та тривалої експлуатації підземних вод сформувався новий гідродинамічний та гідрохімічний режим неогенового ВК, що призвело до скорочення ресурсів питних підземних вод. Для нового водно-сольового режиму характерне збільшення кількості розчинених речовин в 1 дм<sup>3</sup> води, що виражається показником мінералізації. Розвивається процес засолення вод неогенового ВК.

З метою наукового обґрунтування меліоративних робіт на півдні України гідрогеологічні умови Херсонської області вивчали починаючи з 1950-х років. Найбільше значення мали роботи М. Плотнікова, А. Колодяжної, А. Бабинця, В. Лялька, Г. Шнейдермана, А. Солдака, Г. Самбура, Є. Буркзера, П. Заморія, І. Жернова, В. Ткачука та ін. Дослідження були спрямовані на вивчення змін водно-сольового балансу ґрунтів зони аерації під впливом іригації.

Гідравлічний зв'язок неогенових водоносних горизонтів вперше виявив А. Бабинець у 1951 р., який запропонував розглядати їх як один водоносний комплекс. У 1961 р. важливу роль у формуванні мінералізації неогенового ВК цей дослідник надавав віджиманню порових розчинів із контактуючих глинистих порід.

Просторовий аналіз поширення вод з різною мінералізацією вперше викладений у виданні "Гидрогеология СССР" [1]. На гідрогеологічній карті перших від поверхні водоносних горизонтів, масштабу 1 : 1 000 000, виділені полігони поширення вод за мінералізацією (рис. 1).

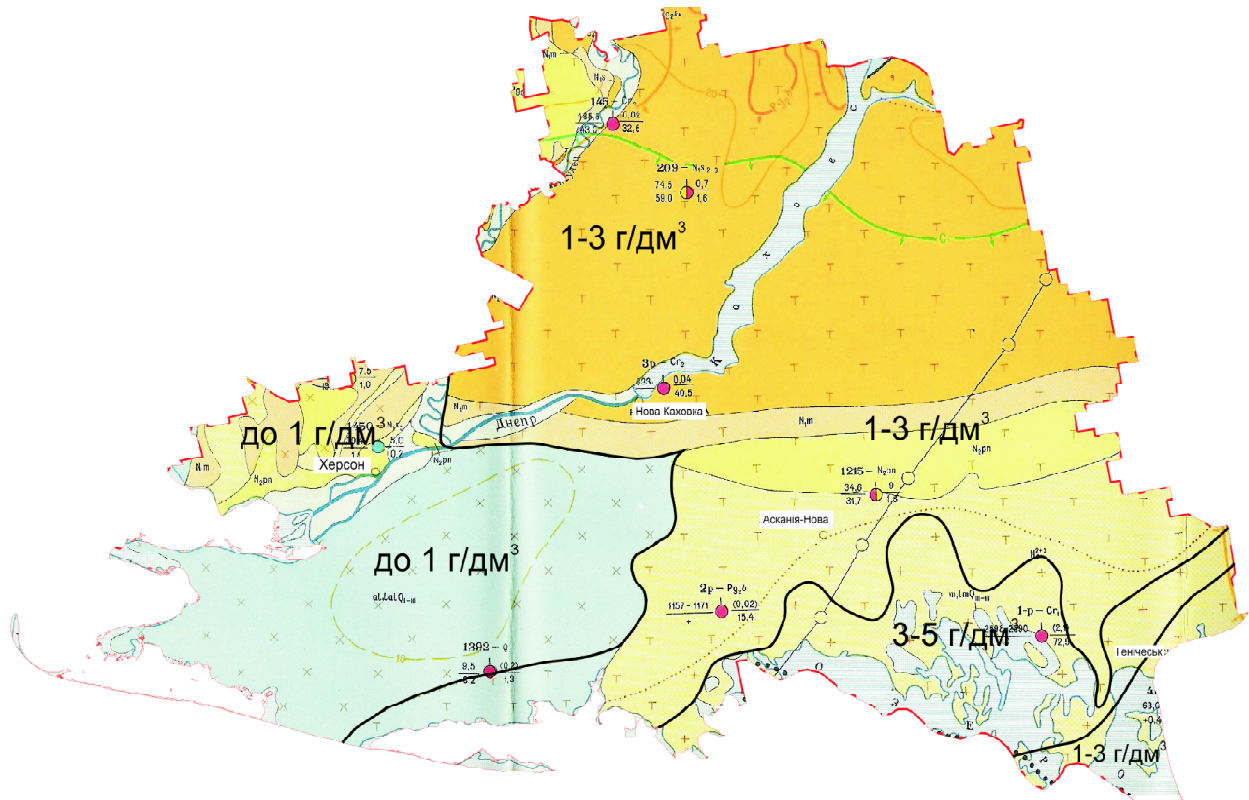


Рис. 1. Гідрогеологічна карта Херсонської області (перші від поверхні водоносні горизонти та їх мінералізація станом на 1960–1970 рр.) [1]

Значний вплив на формування мінералізації підземних вод неогенового ВК створює проникність верхньої частини осадової товщі. Внаслідок доброї проникності еолових пісків на півдні Херсонської області у верхній частині розрізу, до середньосарматських відкладів неогену, сформувалися слабомінералізовані води з мінералізацією від 0,2 до 1 г/дм<sup>3</sup> (рис. 1). Решта частина території області перекрита слабопроникними суглинками, тому мінералізація вод підвищується. Так, на більшій частині області мінералізація вод основного неогенового ВК коливається від 1 до 3 г/дм<sup>3</sup>, де породи неогену перебувають у зоні інтенсивного водообміну. І лише на півдні області на карті виділено вузьку смугу з мінералізацією 3–5 г/дм<sup>3</sup>, оскільки в цій частині зменшується потужність зони інтенсивного водообміну і водоносні горизонти неогену характеризуються утрудненим водообміном, а це спричиняє накопичення розчинених солей.

Сучасні гідрогеологічні дослідження спрямовані на вивчення гідродинамічних і гідрохімічних умов не лише ґрунтових, а й міжпластових водоносних горизонтів, що сформувалися в результаті тривалої іригації та відбору підземних вод. Важливий внесок у цьому напрямку зробили А. Бруйко, О. Луцик, В. Тюреміна, В. Лизогуб. Їх висновки і узагальнення про зміни стану підземних вод ґрунтуються на якісному зіставленні показників режиму, виміряних у конкретних свердловинах на різні періоди, та результатах статистич-

ної обробки часових рядів даних моніторингу підземних вод.

Повніше уявлення про стан гідрогеологічних умов території та його зміни в часі може дати просторовий аналіз розподілу показників режиму підземних вод. Однак такі роботи майже не проводять через обмеженість інформації про стан гідрогеологічних умов та значну трудомісткість обробки даних для отримання карт просторового розподілу гідрогеологічних показників.

Ми пропонуємо застосування геоінформаційного підходу до просторового відображення мінливості показників режиму підземних вод, зокрема мінералізації. Такий підхід дасть змогу проаналізувати розвиток процесу засолення вод основного неогенового ВК у просторі й часі.

**Методика та результати досліджень.** Геоінформаційний підхід полягає у застосуванні сучасних ГІС-технологій для аналізу даних, що мають просторову прив'язку. ГІС дають можливість моделювати швидкозмінні явища за допомогою автоматизованого аналізу просторової мінливості досліджуваного параметра. Завдяки цьому значно заощаджуються час і зусилля, кінцевий результат має зручну для сприйняття картографічну форму.

Мінералізація як показник ступеня засолення підземних вод безперервно змінюється в часі та за площею поширення ВК, однак оцінити її значення для всього ВК експериментально неможливо. Засоби ГІС дають можливість уявити безперервні природні явища за допомогою цифрової

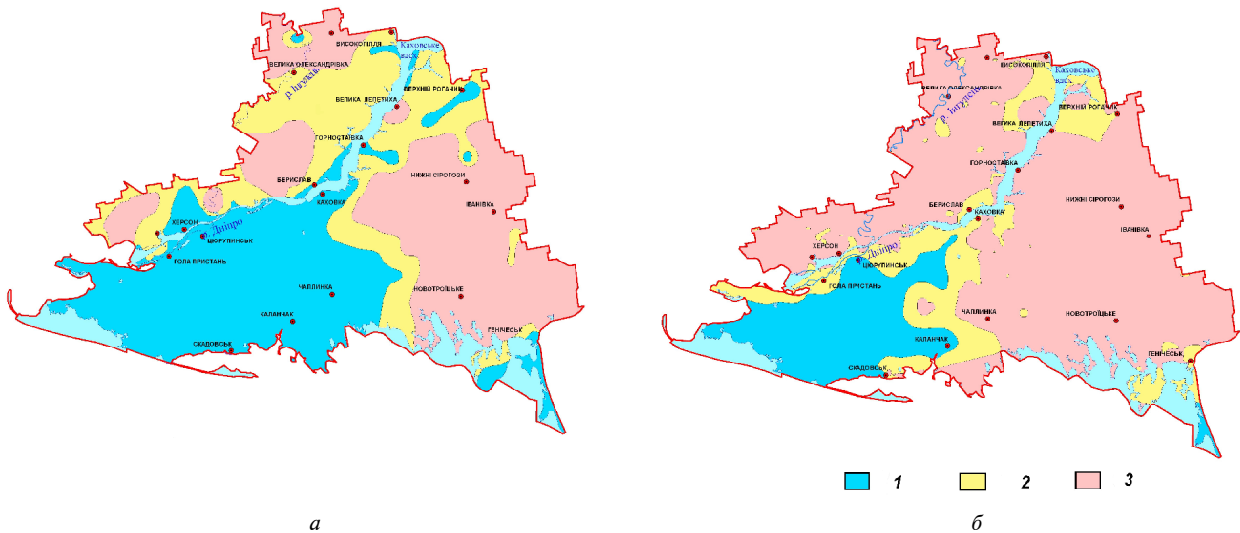


Рис. 2. Карта поширення вод з різною мінералізацією неогенового водоносного комплексу на території Херсонської області, побудована засобами ГІС: *а* – станом на 1970–1975 рр.; *б* – на 2005 р.; зони поширення вод з мінералізацією: 1 – до 1 г/дм<sup>3</sup>, 2 – від 1 до 1,5 г/дм<sup>3</sup>, 3 – понад 1,5 г/дм<sup>3</sup>

растрової поверхні, в якій кожній клітинці растра присвоєно розрахункове значення параметра.

За допомогою однієї із повнофункціональних ГІС – ArcView GIS 3.2 – побудовано поверхню поля мінералізації неогенового ВК, яка охоплює всю площу його поширення в межах Херсонської області. Вхідними даними для побудови були значення мінералізації в окремих точках ВК – водозабірних свердловинах, що мають просторову прив'язку. Координати свердловин і значення мінералізації в них занесені в реляційну базу даних (БД). За допомогою функції геокодування інформація БД відтворена у вигляді інформаційного шару з точковими об'єктами (свердловинами).

За значеннями параметра лише в окремих точках простору – свердловинах, використовуючи метод апроксимації, розраховували значення мінералізації у клітинках растра, якими покрито всю площу ВК, за алгоритмом інтерполяції: точки → ізолінії → векторна поверхня → растрова поверхня. Перехід від точок до ізоліній виконали за методом зворотного зважених відстаней (ЗЗВ). Метод ЗЗВ виходить із припущення, що, чим ближче одна до одної розміщені точки вимірів, тим більший їх взаємний вплив [3]. Апроксимація вхідних даних за такою схемою дає змогу підвищити точність кінцевого результату.

Отриману растрову поверхню вручну перекласифікували для її застосування з позиції аналізу розвитку засолення підземних вод по площі та придатності вод для питного водопостачання. Критерієм для виділення класів була придатність підземних вод для господарсько-питного водопостачання за величиною мінералізації, згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 [2]. Отже, виділено три класи [2]:

- до 1 г/дм<sup>3</sup> – придатна для використання без обмежень;

- 1–1,5 г/дм<sup>3</sup> – придатна для використання за умови узгодження з органами саннагляду;
- понад 1,5 г/дм<sup>3</sup> – практично непридатна для використання.

Растрові поверхні побудовані на два періоди. На рис. 2, *а* зображена поверхня поширення вод з різною мінералізацією станом на 1970–1975 рр. – період введення в експлуатацію більшості водозаборів, затвердження запасів підземних вод та схеми їх експлуатації. Поверхня на рис. 2, *б* відображає стан процесу у 2005 р. – період проведення оцінок стану прогностичних ресурсів та експлуатаційних запасів підземних вод в області.

**Висновки.** За допомогою ГІС-технологій побудовано цифрові поверхні поширення вод з різною мінералізацією неогенового ВК на два періоди. Достовірність отриманих побудов перевірено порівнянням з фактичними даними, отриманими у свердловинах, що не задіяні у побудовах карт. Цифрові карти на 70 % відповідають фактичним даним. Це підтверджує високу ефективність ГІС для вирішення поставлених завдань.

Установлено, що з 1960 до 2005 р. істотно підвищилась мінералізація підземних вод основного неогенового ВК. Процесом засолення охоплена фактично вся територія Херсонської області, за винятком південної частини, де поширені добре проникні еолові піски, та невеликої ділянки на півночі області вздовж берегів Каховського водосховища, де ресурси підземних вод поповнюються його прісними водами.

На підставі результатів просторового аналізу розвитку процесу засолення підземних вод основного неогенового ВК заплановано подальше вивчення найважливіших факторів, що спричиняють деградацію прісних підземних вод.

1. *Гидрогеология СССР*. – В 45 т. / Под ред. Ф.А. Руденко. – М.: Недра, 1966–1972. – Т. 5. Украинская ССР, 1971. – 614 с.
2. *Державні санітарні норми та правила “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” (ДСанПіН 2.2.4-171-10)*. – [Електрон. ресурс]. – [Чинний від 2010.05.12]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
3. *Ішук О.О.* Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: Навч. посібник / Ішук О.О., Коржнев М.М., Кошляков О.Є. – К.: Видавн.-полігр. центр “Київ. ун-т”, 2003. – С. 137–139.
4. *Groundwater and its Susceptibility to Degradation: A Global Assessment of the Problem and Options for Management* / Morris B.L., Lawrence A.R.L., Chilton P.J.C. et al. – Nairobi: UNEP, 2003. – 126 p.

*Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка, Київ, Україна*

*Надійшла до редакції 06.06.2012 р.*

*О.В. Щербак*

### **ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СРЕДСТВАМИ ГИС ЗАСОЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НЕОГЕНОВОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСА НА ТЕРРИТОРИИ ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ**

С помощью средств ГИС выполнено пространственное отображение изменчивости минерализации подземных вод неогенового водоносного комплекса на территории Херсонской области. Увеличивается площадь распространения минерализованных вод во времени. Пригодными для питьевых целей остаются воды, распространенные в южной и, частично, северной частях области. Остальная территория области подвержена процессу засоления подземных вод.

**Ключевые слова:** подземные воды, геоинформационные системы, водоносный комплекс, минерализация, засоление, Херсонская область.

*О. V. Scherbak*

### **SPATIAL EVALUATION BY MEANS OF GIS OF THE GROUNDWATER SALINISATION OF THE NEOGENE AQUIFER COMPLEX IN KHERSON REGION**

Spatial visualization of the groundwater salinity changes of the Neogene complex aquifer in Kherson region was made by means of GIS. The area of distribution saline groundwater is increasing. Groundwater for drinking water supply is available only in the southern and some northern parts of the region. The rest of the region is being heavily offered by the process of groundwater salinization.

**Keywords:** groundwater, geographic information systems, water-bearing complex, salinity, salinization, Kherson region.