

**ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ НАВКОЛИШНЬОГО
СЕРЕДОВИЩА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»**

ЩЕРБАК ОЛЕСЯ ВІТАЛІЇВНА

УДК 556.314:574.64

**ТЕХНОГЕННО СПРИЧИНЕНІ ЗМІНИ ЕКОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ
УМОВ ВЕРХНЬОМІОЦЕНОВОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСУ НА
ТЕРИТОРІЇ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі гідрогеології та інженерної геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Науковий керівник доктор геологічних наук, доцент
Кошляков Олексій Євгенович,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, завідувач кафедри гідрогеології та інженерної геології

Офіційні опоненти доктор геологічних наук, доцент
Улицький Олег Андрійович,
Національна акціонерна компанія «Надра України»,
начальник сектору твердих корисних копалин

доктор геолого-мінералогічних наук, професор
Огняник Микола Степанович,
Інститут геологічних наук НАН України,
завідувач відділу охорони підземних вод

Захист відбудеться "01" липня 2015 р. о 14 годині 30 хвилин на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.192.01 в Державній установі «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» за адресою: 03680, м. Київ, пр. Палладіна, 34-а.

Відгуки на автореферат надсилати на адресу: Україна, 03680, м. Київ, пр. Палладіна, 34-а, ДУ «ІГНС НАН України».

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» за адресою: 03680 м. Київ, пр. Палладіна, 34-а.

Автореферат розісланий " 27 " травня 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 26.192.01
кандидат геологічних наук



В.Г. Яценко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проблема забезпечення населення якісною питною водою є однією з ключових на сьогодні в світі та в Україні зокрема. Альтернативним джерелом якісних питних вод залишаються більш захищені від поверхневого забруднення ресурси підземних вод, водовідбір яких планується нарощувати в майбутньому. Однак, нерівномірний розподіл ресурсів підземних вод по площі та істотні зміни природних гідрогеологічних умов їх формування під впливом антропогенної діяльності потребують комплексних та системних дій з вивчення еколого-гідрогеологічних умов перспективних для водопостачання водоносних горизонтів та комплексів, передусім для територій з обмеженими водними ресурсами.

Наразі в Україні гостро стоїть проблема забезпечення якісною питною водою населення південних регіонів, зокрема Херсонської області, яка визнана депресивним вододефіцитним регіоном України. Її водно-екологічні проблеми сягнули рівня національних загроз та характеризуються як «постійно прогресуюча повзуча еколого-ресурсна катастрофа» (Г. Романенко, 2010). Головним джерелом питного водопостачання на території області є підземні води верхньоміоценового водоносного комплексу, якість яких погіршується внаслідок зміни природних гідрогеологічних умов. Це зумовлює скорочення ресурсів питних підземних вод та збільшує водний дефіцит.

Комплексна оцінка екологічного стану ресурсів питних підземних вод основного експлуатаційного водоносного комплексу повинна включати дослідження захищеності, величини антропогенного навантаження, змін параметрів гідрогеохімічного, гідрогеодинамічного стану підземних вод з подальшим їх картографуванням з метою виявлення просторово-часових тенденцій поширення забруднення підземних вод. Результати еколого-гідрогеологічних оцінок є основою для розробки науково обґрунтованої програми подальших моніторингових досліджень за станом підземних вод та регіональних оцінок прогнозних ресурсів підземних вод, з метою збереження екологічної безпеки на території області.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційного дослідження безпосередньо пов'язана з науково-дослідною роботою кафедри гідрогеології та інженерної геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка, зокрема з держбюджетною темою № 11БФ049-02 «Розробка теорії та методології побудови динамічних геолого-геофізичних моделей геологічних об'єктів і процесів» (№ державної реєстрації 0111U006457).

Частина результатів отримана при виконанні робіт ДНВП «Геоінформ України» за відомчою темою: «Узагальнення оцінок стану прогнозних ресурсів та експлуатаційних запасів підземних вод з використанням автоматизованої бази даних прогнозних ресурсів підземних вод України» (№ державної реєстрації 0107U012379).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є регіональна оцінка просторово-часових закономірностей зміни еколого-гідрогеологічних умов верхньоміоценового водоносного комплексу в зв'язку з проблемою екологічної безпеки питного водопостачання на території Херсонської області.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- визначити сучасний рівень та особливості техногенного навантаження на підземні води та оцінити стан ресурсів питних підземних вод області;
- удосконалити методологію регіональної оцінки уразливості підземних вод та здійснити типізацію території Херсонської області за величиною уразливості підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу щодо забруднення;

- розробити методику математико-картографічного моделювання просторового розподілу гідрогеохімічних параметрів при обмеженій кількості вихідних даних із застосуванням геоінформаційного підходу;
- встановити просторово-часові закономірності та напрями змін еколого-гідрогеологічного стану верхньоміоценового водоносного комплексу, що відбулися під впливом техногенного навантаження;
- виявити основні причини регіонального погіршення якості питних підземних вод та розробити рекомендації щодо зменшення негативного техногенного впливу на еколого-гідрогеологічні умови верхньоміоценового водоносного комплексу.

Об'єктом дослідження є екологічна безпека питного водопостачання на території Херсонської області в зв'язку із зміною гідрогеологічних умов верхньоміоценового водоносного комплексу в умовах техногенезу.

Предметом досліджень є критерії уразливості, показники кількісного та якісного складу підземних вод верхньоміоценового комплексу на території Херсонської області.

Методи досліджень. У дисертаційному дослідженні використано гідрогеологічні, математичні, морфометричні, геоінформаційні методи дослідження та метод моделювання. Обробка матеріалів виконана з використанням пакету статистичного аналізу STATISTICA та геоінформаційних систем (ArcView GIS, MapInfo Professional).

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше надано регіональну оцінку екологічних наслідків гідротехнічного будівництва, зрошувальних меліорацій, водовідбору та розміщення потенційно небезпечних локальних техногенних об'єктів на зміну еколого-гідрогеологічних умов верхньоміоценового водоносного комплексу в межах Херсонської області, що ґрунтується на аналізі просторово-часових закономірностей зміни гідрогеодинамічних, гідрогеохімічних характеристик водоносного комплексу та оцінці величини уразливості підземних вод комплексу щодо забруднення. При цьому отримані такі наукові результати:

- вперше за допомогою математико-статистичного аналізу виявлено, що серед локальних забруднювачів питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу підвищені концентрації Sr, Al, Be, Mn, Cr мають природне походження (слабопроникні глинисті відклади, порові розчини), решта (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Cd, Ni, Fe, Pb, As, пестициди та нафтопродукти) – має природно-техногенний та техногенний генезис;
- удосконалено методичну базу оцінювання уразливості підземних вод щодо забруднення з урахуванням запропонованого показника техногенного навантаження від потенційно небезпечних, для досліджуваного водоносного комплексу, локальних техногенних об'єктів та природної захищеності водоносного комплексу, обумовленою квазістабільними (літологія і товщина слабопроникних відкладів) та динамічними (гідрогеодинамічні умови суміжних водоносних горизонтів) факторами, що дозволило виділити території схильні щодо забруднення питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу;
- вперше встановлено, що за останні 50 років відбувалася техногенна метаморфізація питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу, яка полягає у зміні природного гідрогеохімічного типу води на сульфатний та збільшенні мінералізації. Визначено коефіцієнт техногенної метаморфізації для даного регіону $K_{\text{т.м.}} = [\text{rSO}_4^{2-}] / [\text{rHCO}_3^-]$, за допомогою якого оцінено ступінь техногенної метаморфізації питних підземних вод по площі поширення верхньоміоценового водоносного комплексу;
- з'ясовано, що причиною регіонального збільшення мінералізації питних підземних вод регіону є підйом рівня верхньоміоценового водоносного комплексу внаслідок

скорочення обсягів водовідбору підземних вод та збільшення інтенсивності інфільтраційного живлення комплексу.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій визначається використанням у роботі значного обсягу фактичного матеріалу про стан підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу та факторів, що на нього впливають. У роботі: проаналізовано та узагальнено понад 6 000 аналітичних результатів, проникність, співвідношення напорів, витриманість розділяючих слабопроникних шарів запозичених з фондів та літературних джерел; обґрунтовано коректність застосування математичного апарату. Отримані висновки підтверджують наукове положення дисертації щодо наявності процесу метаморфізації у питних підземних водах регіону. Вони отримані на основі застосування комплексу сучасних методів статистичного та геоінформаційного аналізу.

Наукове значення роботи. Автором на основі геоінформаційного підходу розроблена методологічна основа моделювання просторового розподілу гідрогеохімічних показників за умов обмеженої кількості вихідних даних. Удосконалена методика оцінки уразливості підземних вод щодо забруднення з подальшою типізацією території. Запропоновані підходи відкривають нові можливості для вивчення просторових закономірностей мінливості гідрогеологічних умов водоносних горизонтів.

Практичне значення отриманих результатів. Виявлені регіональні природно-техногенні та техногенні закономірності зміни еколого-гідрогеологічних умов верхньоміоценового водоносного комплексу є базовими для розроблення науково обґрунтованої програми моніторингу та прийняття управлінських рішень по екологічній безпеці підземного водокористування. Просторово-часові закономірності динаміки величини мінералізації та концентрацій макрокомпонентів є основою для розробки математичних гідрогеохімічних моделей водоносного комплексу. З метою покращення сучасного несприятливого еколого-гідрогеологічного стану на основі отриманих результатів рекомендовано забезпечити екологічно безпечний режим водовідбору підземних вод. Обсяги можливого водовідбору необхідно обґрунтовувати з урахуванням вертикальної гідрогеохімічної зональності експлуатаційного водоносного комплексу та вертикального перетікання з горизонтів, що залягають вище. Розроблені автором методичні підходи можуть бути використані для аналізування та узагальнення даних державної системи моніторингу підземних вод України.

Матеріали дослідження впроваджено в навчальний процес Київського національного університету імені Тараса Шевченка та виробничий процес ДНВП «Геоінформ Україна».

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи отримані автором особисто. Автор брала безпосередню участь у постановці завдань дослідження, розробленні методичних підходів. Основні ідеї, наукові положення і теоретичні висновки дисертації сформульовано автором. У ході виконання дослідження було створено бази даних потенційних джерел забруднення підземних вод, водозабірних свердловин з даними про хімічний склад підземних вод, картографічну базу даних еколого-гідрогеологічного стану підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу. Вихідні дані про якісний стан підземних вод запозичено із матеріалів звітів, а подальший розрахунок кількісних показників, виявлення просторових закономірностей, статистичних залежностей виконано автором особисто.

Апробація результатів досліджень дисертації. Результати досліджень доповідались на: III Всеукраїнській молодіжній конференції-школі «Сучасні проблеми геологічних наук» (Київ, 2011), 3rd Students International Geological Conference (Lviv, 2012), XI Міжнародній конференції «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти» (Київ,

2012), X Міжнародній конференції «Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища» (Київ, 2012), XII Міжвузівській молодіжній науковій конференції «Школа экологической геологии и рационального недропользования» (Санкт-Петербург, 2012), Міжнародній науково-практичній конференції «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2012» (www.sworld.com.ua, 2012), Міжнародній науковій конференції «Современные проблемы природоведческих наук» до 155-річчю з дня народження Павла Аполлоновича Тутковського (Київ, 2013), Міжнародній науковій конференції «Актуальні питання інженерної геодинаміки» до 80-річчя з дня народження Ігоря Петровича Зелінського (Одеса, 2013), IV Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013) (Вінниця, 2013), II Міжнародній науково-практичній конференції «Моніторинг окружающей среды» (Брест, 2013), V Всеукраїнській науковій конференції молодих вчених до 95-річчя Національної академії наук України (Київ, 2013), 13-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Ресурси природних вод Карпатського регіону» (Львів, 2014), I науковій конференції «Проблеми гідрогеології на сучасному етапі» присвяченої пам'яті професора Харківського університету І. К. Решетова (Харків, 2014).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 18 наукових праць, у т.ч. 12 одноосібних, 7 статей у наукових фахових виданнях (1 з них – в іноземних, 1 – входить в наукометричну базу РІНЦ), 4 – матеріали науково-практичних конференцій (1 з них входить в наукометричну базу РІНЦ), 7 – тези доповідей.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків та списку використаних джерел, котрий налічує 180 найменувань, 6 додатків. Загальний обсяг роботи 207 сторінок. Дисертація містить 50 рисунків та 12 таблиць.

Автор висловлює щиру подяку науковому керівнику д.г.н. О.Є. Кошлякову. Велике значення для реалізації поставлених завдань мала допомога к.г.н. О.П. Лобасова. Автор також вдячний за цінні консультації та критичні зауваження д.г.н., проф. В.В. Доліну, д.г.н. В.Г. Верховцеву.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність та важливість виконаної роботи, сформульована мета та задачі дослідження, розкрито наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про публікації та апробацію дисертації.

У **першому розділі «Погіршення якості питних підземних вод. Стан проблеми та постановка задач»** дисертаційної роботи розглянуто проблему якості питних вод та роль підземних вод у її вирішенні. В історичному розрізі проаналізовано підходи до регіональних оцінок ресурсів підземних вод: від вивчення їх кількісного стану (60-80-ті роки) до пріоритетних досліджень змін гідрогеохімічних показників підземної гідросфери. Критично проаналізовано існуючі концепції щодо оцінки захищеності (уразливості) підземних вод. Зроблено наголос на пріоритетності еколого-гідрогеологічних досліджень, основна мета яких – інформаційне забезпечення управлінських рішень щодо можливості подальшого освоєння підземних вод, розроблення нових ефективних програм моніторингу стану підземних вод, зокрема на основі відомостей про стан і ступінь захищеності підземних вод, види та кількість техногенного навантаження, характер та ступінь використання підземних вод та зміни їх якості під впливом техногенезу.

У **другому розділі «Особливості еколого-гідрогеологічних умов на території Херсонської області та проблема їх вивчення»** обґрунтовано важливість досліджень еколого-гідрогеологічних умов верхньоміоценового водоносного комплексу на території

Херсонської області та розроблено перелік необхідних інформаційних складових таких досліджень, враховуючи сучасний стан вивченості. Розглянуто основні фактори формування ресурсів підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу.

Дослідженню гідрогеологічних умов Херсонщини присвячені роботи плеяди непересічних науковців серед яких: А. Бабінець, Р. Баєр, Н. Білокопитова, А. Бруяко, Є. Бурксер, Ю. Головченко, І. Жернов, М. Зільбербранд, М. Капінос, В. Лизогуб, Г. Лисиченко, А. Лущик, О. Лущик, К. Львова, В. Лялько, К. Маков, І. Молодих, В. Морозов, М. Муромцева, М. Огняник, С. Перехрест, Є. Рішес, М. Рябцев, А. Ситніков, Р. Смірнова, А. Солдак, А. Сухорєбрий, В. Ткачук, В. Тюрєміна, А. Швець, В. Шестопапов, Г. Шнейдерман, Є. Яковлев та ін.

З початком іригаційного освоєння території та спорудженням Каховського водосховища основна увага дослідників Херсонської області приділялась вивченню додаткових статей живлення підземних вод (Р. Баєр, В. Лялько, М. Огняник, Г. Шнейдерман та ін.), процесів засолення ґрунтів зони аерації, гідрогеологічних умов ґрунтового водоносного горизонту (С. Джепо, М. Зільбербранд, А. Ситніков, А. Скальський, А. Швець та ін.). На ті часи гідрогеодинамічний та гідрогеохімічний режим верхньоміоценового водоносного комплексу залишався відносно стабільним, його реакція на антропогенне навантаження була більш «інертною» у порівнянні з ґрунтовими водами. Важливе значення серед сучасних досліджень має робота О. Лущика та ін. (2010 р.) в якій основна увага приділяється основному експлуатаційному водоносному комплексу. У роботі виконано моделювання гідрогеодинамічних умов верхньоміоценового та водоносного горизонту, що залягає вище, визначено головні види антропогенної діяльності, що спричиняють забруднення підземних вод. Актуальним залишається питання зміни гідрогеохімічних умов комплексу, яке потребує вивчення.

Отже, виходячи з результатів попередніх досліджень, вивчення сучасного еколого-гідрогеологічного стану верхньоміоценового водоносного комплексу повинно включати:

- визначення фактичної або потенційної уразливості підземних вод до забруднення або погіршення їх якості під впливом техногенезу;
- оцінку ступеня освоєння ресурсів підземних вод та їх схильності до виснаження;
- визначення основних забруднювачів підземних вод;
- виявлення просторово-часових закономірностей зміни гідрогеодинамічних та гідрогеохімічних умов;
- з'ясування регіональних причин погіршення еколого-гідрогеологічного стану.

У третьому розділі «Регіональні особливості гідрогеодинамічного режиму та кількісного стану ресурсів питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу» представлено результати досліджень регіональних особливостей гідрогеодинамічного режиму та кількісного стану прогнозних ресурсів підземних вод (ПРПВ) верхньоміоценового водоносного комплексу.

Верхньоміоценовий водоносний комплекс на більшій частині області характеризується безнапірним режимом і лише у південній частині напірним. У відносно природних гідрогеологічних умовах (до 1956 р.) та на початкових етапах формування підпору від Каховського водосховища (60-ті роки), річка Дніпро дренивала верхньоміоценовий водоносний комплекс. Підземні води комплексу рухались від регіональної області живлення Українського щита до областей розвантаження р. Дніпро та Чорного моря, а також радіально розтікалися у межах локальної області живлення «Олешківські піски».

Однак після створення Каховського водосховища, будівництва іригаційної мережі, розвитком зрошення та інтенсивним водовідбором підземних вод у 80-х роках (водовідбір

перевищував оцінені ПРПВ у Високопільській, Білозерському, Цюрупинському, Новотроїцькому, Іванівському, Генічеському районах), гідрогеодинамічні умови на даній території докорінно змінилися. Сформувався новий фільтраційний потік направлений від головної частини водосховища до Чорного моря, що розділив природні потоки підземних вод зі сторони Українського щита та «Олешківських пісків». У результаті р. Дніпро із області розвантаження підземних вод перетворилась в область живлення. Лише нижче м. Каховки та м. Берислава в р. Дніпро й далі відбувається часткове розвантаження підземних вод комплексу.

У роботі виконано оцінку змін гідрогеодинамічних умов верхньоміоценового водоносного комплексу із застосуванням геоінформаційних систем (ГІС). Отримано растрову поверхню розподілу зміни рівнів верхньоміоценового водоносного комплексу за період 1965-2001 рр. (рис. 1). Вихідними даними слугували карти гідроїзогіпс на два періоди часу 1965 р. (фонова поверхня) та 2001 р. (техногенна поверхня).

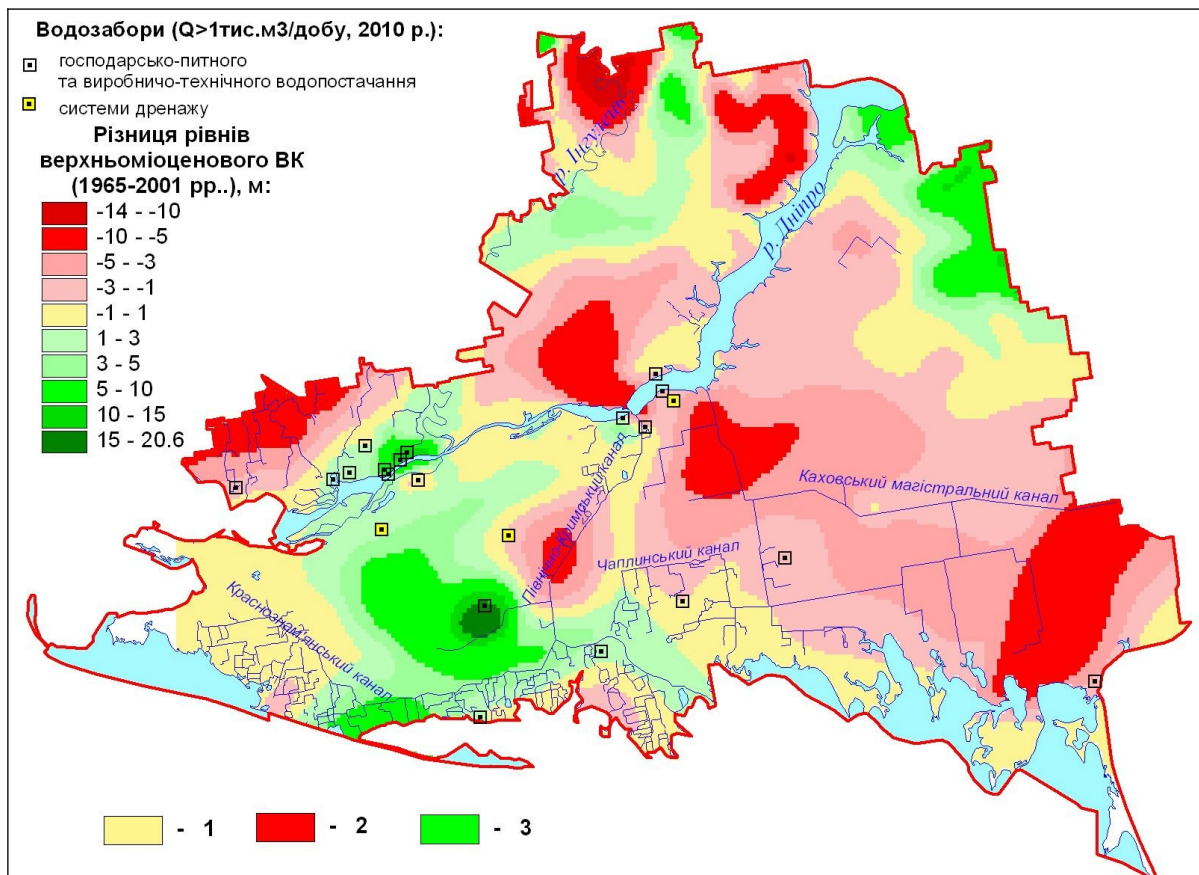


Рис. 1. Картограма зміни рівнів верхньоміоценового водоносного комплексу за період тривалої експлуатації (1965-2001 рр.): 1 – суттєвих змін не відбулося; 2 – підвищення рівня; 3 – зниження рівня

У нових гідрогеологічних умовах відбувається регіональний підйом рівня верхньоміоценового ВК у центральній, південній та північно-західній частині області (рис. 1). У південно-західній («Олешківські піски»), північно-східній частинах області та в районі м. Херсон у багаторічному розрізі продовжується поступове зниження рівня. Інтенсивне техногенне навантаження викликало не лише зміну планової фільтрації підземних вод, але й вертикальної. Внаслідок підйому рівня активізувалися та збільшилися площі (55 % площі області) розвитку вертикального перетікання від ґрунтового водоносного горизонту до верхньоміоценового водоносного комплексу.

З метою дослідження сучасного стану експлуатаційного навантаження на ПРПВ верхньоміоценового водоносного комплексу по площі, автором визначено ступінь використання ПРПВ комплексу по ділянках їх підрахунку (ДППР) з використанням автоматизованої бази даних ПРПВ Херсонської області у середовищі ArcView GIS 3.2a (ДНВП «Геоінформ України»).

Встановлено, що на більшій частині території, ПРПВ (станом на 2005 р.) не використовуються або ж ступінь освоєння не перевищує 25 % від ресурсів ділянки. Водовідбір у 2005 році перевищив оцінені ПРПВ, лише на 10 модельних ділянках, розташованих у районі крупних населених пунктів, у результаті роботи зосереджених групових водозаборів та дренажних систем. Не враховано вплив водовідбору з берегових водозаборів вздовж р. Дніпро (м. Берислав, м. Нова Каховка, м. Херсон). Оскільки ще під час регіональної оцінки ПРПВ методом моделювання вважали, що він не впливає на кількісний стан ресурсів комплексу і повністю компенсується річковим стоком.

Порівнюючи результати гідрогеодинамічного моделювання та оцінки експлуатаційного навантаження на оцінені ПРПВ, автором зроблено висновок про те, що однією з причин регіонального підйому рівня верхньоміоценового водоносного комплексу у сучасних умовах є низький рівень експлуатаційного навантаження. Погіршення якості питних підземних вод за умов низького ступеня освоєння оцінених ПРПВ підтверджує нагальну необхідність проведення робіт з переоцінки ПРПВ.

У четвертому розділі «Уразливість верхньоміоценового водоносного комплексу та забруднення питних підземних вод під впливом техногенезу» розглянуто проблему забруднення питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу на території Херсонської області, зокрема: охарактеризовано основні локальні антропогенні джерела забруднення та оцінено їх вплив на підземні води комплексу; ступінь природної захищеності підземних вод; оцінено уразливість їх до забруднення; визначено основні забруднюючі компоненти підземних вод регіону та їх генезис.

Одним із негативних наслідків антропогенної діяльності є забруднення ресурсів питних підземних вод. Основна частина забруднювачів у підземні води потрапляє від антропогенних об'єктів розташованих на денній поверхні, експлуатація яких пов'язана з утворенням різних видів небезпечних відходів або їх зберіганням. За характером локалізації у просторі це переважно локальні (точкові) (за В. Гольдбергом), тобто ті що займають невелику площу, з якої забруднюючі речовини у значних кількостях надходять у навколишнє середовище, досягаючи навіть захищені водоносні горизонти. На території Херсонської області кількість таких об'єктів (більшість з яких є несанкціонованими) збільшується у часі, створюючи регіональну загрозу підземним водам. За кількістю в області домінують склади зберігання непридатних пестицидів, добрив та отрутохімкатів, сміттєзвалища.

Для кількісної оцінки ступеню впливу різних видів локальних антропогенних об'єктів на питні підземні води верхньоміоценового водоносного комплексу на території Херсонської області, використано індекс небезпеки (K_n):
$$K_n = \frac{N_{mp}}{N}$$
 де N_{mp} – відношення кількості експериментально виявлених у підземних водах токсичних елементів; N – кількість теоретично передбаченої кількості токсичних елементів від певного виду антропогенного об'єкту. Значення індексів небезпеки, що використані у дослідженні, взяті із матеріалів звіту (О. Луцик, 2010 р.).

За ступенем впливу на якісний стан питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу, відповідно до величини індексу небезпеки, основні види потенційно небезпечних локальних антропогенних об'єктів утворюють наступний ряд:

сміттєзвалища, поля фільтрації стоків, неупорядковані склади паливно-мастильних матеріалів ($K_n=1$) > підприємства, що використовують отруйні речовини (аміак, хлор, сірчаний ангідрид) ($K_n=0,8$) > скотомогильники ($K_n=0,67$) > об'єкти сільського господарства (тваринницькі комплекси і ферми, склади непридатних пестицидів, сховища добрив та отрутохімікатів та ін.) ($K_n=0,28$).

Враховуючи природні захисні властивості верхньоміоценового водоносного комплексу та величину антропогенного навантаження від потенційно небезпечних локальних об'єктів, виконано типізацію території Херсонської області за уразливістю питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу до забруднення. Типізація виконана на основі величини кількісного критерію уразливості підземних вод щодо забруднення (P), розробленого В. Гольдбергом та удосконаленого автором:

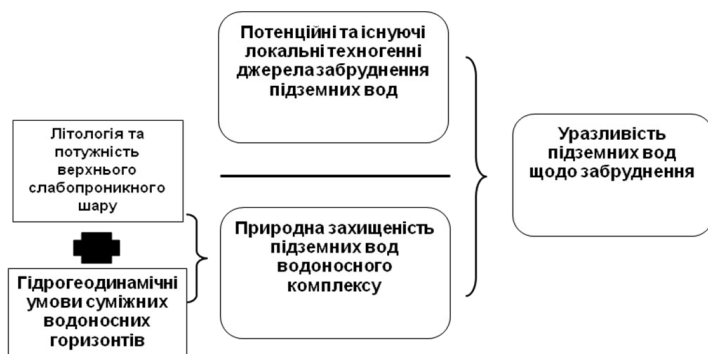


Рис. 2. Алгоритм оцінки уразливості підземних вод щодо забруднення

$$P = \frac{\sum K_n / F}{(S_n + S_c)}, \text{ де } \sum K_n - \text{сумарний}$$

індекс небезпеки (сума індексів небезпеки кожного антропогенного об'єкту розташованого на одиниці площі); F – одиниця площі, км^2 ; S_n – природна захищеність підземних вод в балах; S_c – захищеність підземних вод за гідрогеодинамічними умовами в балах. Концептуальну схему систематизації вихідних даних наведено на рис. 2, отриману схему

типізації – на рис. 3.

Відповідно до виділених типів підземних вод за уразливістю, на більшій частині території області (95 % від загальної площі області) підземні води комплексу уразливі до забруднення ($P > 0$) та відносяться до 2-5 типів. На близько 9 % від загальної площі області підземні води мають високу схильність до забруднення (тип 4-5). Це території скупчення великої кількості антропогенних об'єктів поблизу крупних населених пунктів (м. Херсон, м. Нова Каховка, м. Берислав, смт. Нововоронцовка, смт. Горностаївка та ін.).

Сучасний якісний стан питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу охарактеризований за даними хімічних аналізів води по 39 свердловинах, пробурених та опробованих у період 2003-2010 рр.. Автором проаналізовано вміст у воді 26 показників хімічного складу води, серед них загальносанітарні (мінералізація, загальна жорсткість, SO_4 , Cl , NH_4 , NO_2 , NO_3), неорганічні (Cd , Cu , Zn , Ni , Fe заг., Mn , Cr заг., Pb , Co , Hg , As , Sr , Al , Be , PO_4) та органічні (пестициди, СПАР, нафтопродукти, феноли).

За результатами розрахунків низки санітарно-гігієнічних та екологічних показників зроблено висновок про те, що забруднення має складний характер і є комплексним. У кожній точці опробування виявлено щонайменше 2-3 забруднювача, вміст яких перевищує ГДК. За повторюваністю випадків перевищення ГДК основні забруднювачі можна розташувати у такий ряд: хлорфеноли > загальна жорсткість > мінералізація > Cl > SO_4 > NH_4 , Cd , Fe , Al , пестициди > Pb > As > NO_3 > Ni , Mn > NO_2 > Cr , Sr , нафтопродукти. Максимальна кратність перевищення ГДК для більшості досліджуваних показників не перевищує 4, за винятком Ni , Fe , Cd , Cr , Pb , пестицидів, що свідчить про значний рівень забруднення. Підземні води відносяться до забруднених у всіх точках опробування за сумарним вмістом токсичних елементів 1-2 класів небезпеки ($K_{0(1+2)} >> 1$). Найбільші значення коефіцієнта $K_{0(1+2)}$ зафіксовані в зоні впливу крупних населених пунктів

сmt. Горностаївки, м. Нововоронцовки, м. Берислава, сmt. Білозерки та на південному заході області у межах площ схильних до забруднення (рис. 3).

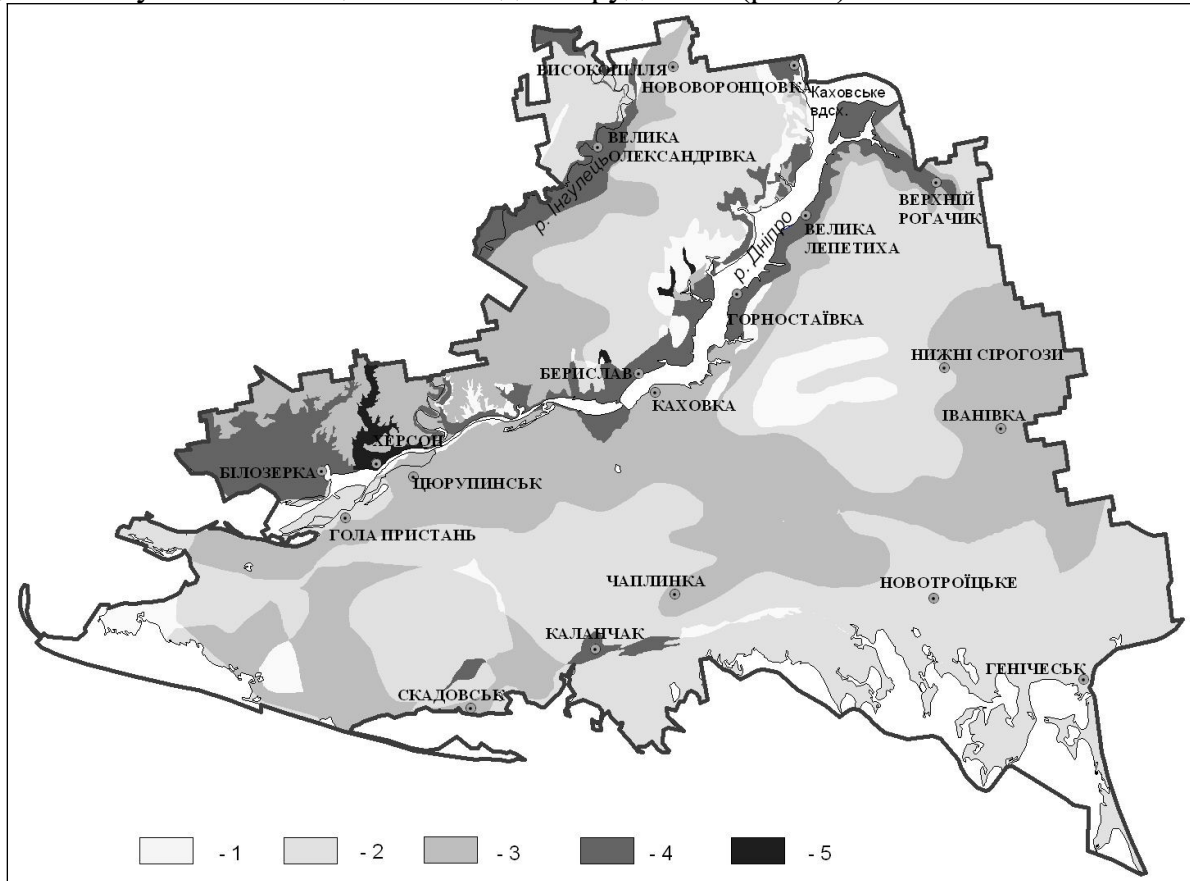


Рис. 3. Схема типізації території Херсонської області за уразливістю підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу до забруднення за величиною критерію уразливості щодо забруднення P : 1 – не уразливі ($P=0$); 2 – неістотно уразливі ($P=0-0,005$); 3 – потенційно уразливі ($P=0,005-0,01$); 4 – уразливі ($P=0,01-0,05$); 5 – сильно уразливі ($P=0,05-0,12$)

За поширеністю у підземних водах верхньоміоценового водоносного комплексу виділені забруднювачі можна поділити на регіональні та локальні.

До регіональних чинників забруднення питних підземних вод на території області належать феноли, підвищена мінералізація, загальна жорсткість та вміст хлоридів (значення показників більші ГДК у більше ніж 50 % випадків). Фенольне забруднення має антропогенне походження. Джерела надходження фенолів – стічні води промислових та комунальних підприємств, забруднене атмосферне повітря міст. Проблема підвищеної мінералізації, загальної жорсткості, хлоридів у питних підземних водах є критичною для Херсонської області. Причинами даного виду забруднення є комплекс природно-антропогенних факторів. Враховуючи масштаби даного забруднення та наявність тенденцій до його збільшення у часі, дане питання буде розглянуто більш детально у наступному розділі.

Локальними забруднювачами питних підземних вод є наступні: NH_4 , NO_2 , NO_3 , Cd, Ni, Fe, Mn, Cr, Pb, As, Sr, Al, Be, пестициди та нафтопродукти. Їхнє походження у підземних водах може бути як природним так і техногенним. За результатами факторного аналізу (рис. 4) зроблено припущення про природний генезис підвищених концентрацій Sr, Al, Be, Mn, Cr (скупчення № 1) у питних підземних водах, внаслідок локального впливу

літолого-геохімічних особливостей водовміщуючих порід, та природно-техногенний, техногенний – для решти забруднювачів (скупчення № 2, 3).

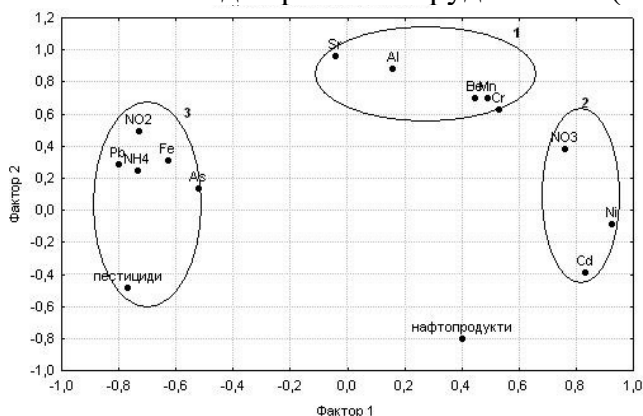


Рис. 4. Графік розподілу факторних навантажень локальних забруднювачів підземних вод

токсичних елементів, зумовлюючи розвиток онкологічних захворювань, які найважче піддаються лікуванню, мають швидкий перебіг з несприятливими для життя наслідками.

П'ятий розділ «Дослідження просторово-часових закономірностей еволюції хімічного складу питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу» дисертації присвячений вивченню просторово-часових закономірностей розподілу мінералізації та еволюції макрокомпонентного складу питних підземних вод верхньоміоценового комплексу впродовж тривалої експлуатації. Вихідними даними для дослідження були результати хімічного аналізу макрокомпонентного складу та мінералізації отримані по водозабірних свердловинах, що експлуатують верхньоміоценовий водоносний комплекс, на два періоди часу:

- I період (1965-1975 рр.) – початок інтенсивного освоєння водоносного комплексу, буріння великої кількості водозабірних свердловин (матеріали перспективної оцінки експлуатаційних запасів підземних вод Причорноморського артезіанського басейну, 1977-1979 рр.);
- II період (2002-2010 рр.) – сучасний стан підземних вод (результати обстеження діючих водозабірних свердловин у рамках виконання робіт з пошуків і розвідки питних підземних вод (2002-2010 рр.)).

Для аналізу даних використовувалися геоінформаційний (просторовий аналіз розподілу компонентів хімічного складу підземних вод) та статистичний підходи.

Виходячи з обсягів наявної інформації та особливостей розподілу гідрогеохімічних параметрів, що моделюються, на базі настільної ГІС ArcView GIS 3.2a було розроблено методику просторового моделювання розподілу поля мінералізації та вмісту макрокомпонентів у підземних водах. Вона включає такі послідовні етапи: 1) триангуляція – побудова сітки трикутників, у вершинах яких свердловини з вихідними значеннями параметру, що моделюється; 2) створення точкової теми регулярної мережі точок; 3) лінійна інтерполяція значень мінералізації на трикутній сітці для точок регулярної мережі; 4) побудова числової моделі щільності свердловин; 5) видалення точок із значеннями щільності свердловин вище заданої, а ті, що залишились, додаються до масиву точок вихідних свердловин; 6) апроксимація значень параметру по отриманому масиву точок методом сплайну. Використовуючи запропоновану послідовність аналізу даних, отримано цифрові моделі мінералізації та вмісту основних іонів (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , $(\text{Na}+\text{K})^+$, Ca^{2+} , Mg^{2+}) на досліджувані періоди часу (рис. 5).

Систематичне споживання забруднених питних вод має негативний вплив на здоров'я людини. Оскільки кількість хімічних елементів, що надходить до організму перевищує необхідні норми, і як наслідок відбувається порушення функцій різних органів. Основним наслідком вживання мінералізованих, жорстких вод регіону є розвиток сечокам'яної, гіпертонічної хвороби, склерозу, гастритів. Вплив на організм більшості токсичних елементів виявлених у питних підземних водах – мутагенний, а інколи і канцерогенний, який посилюється за комбінованої дії декількох

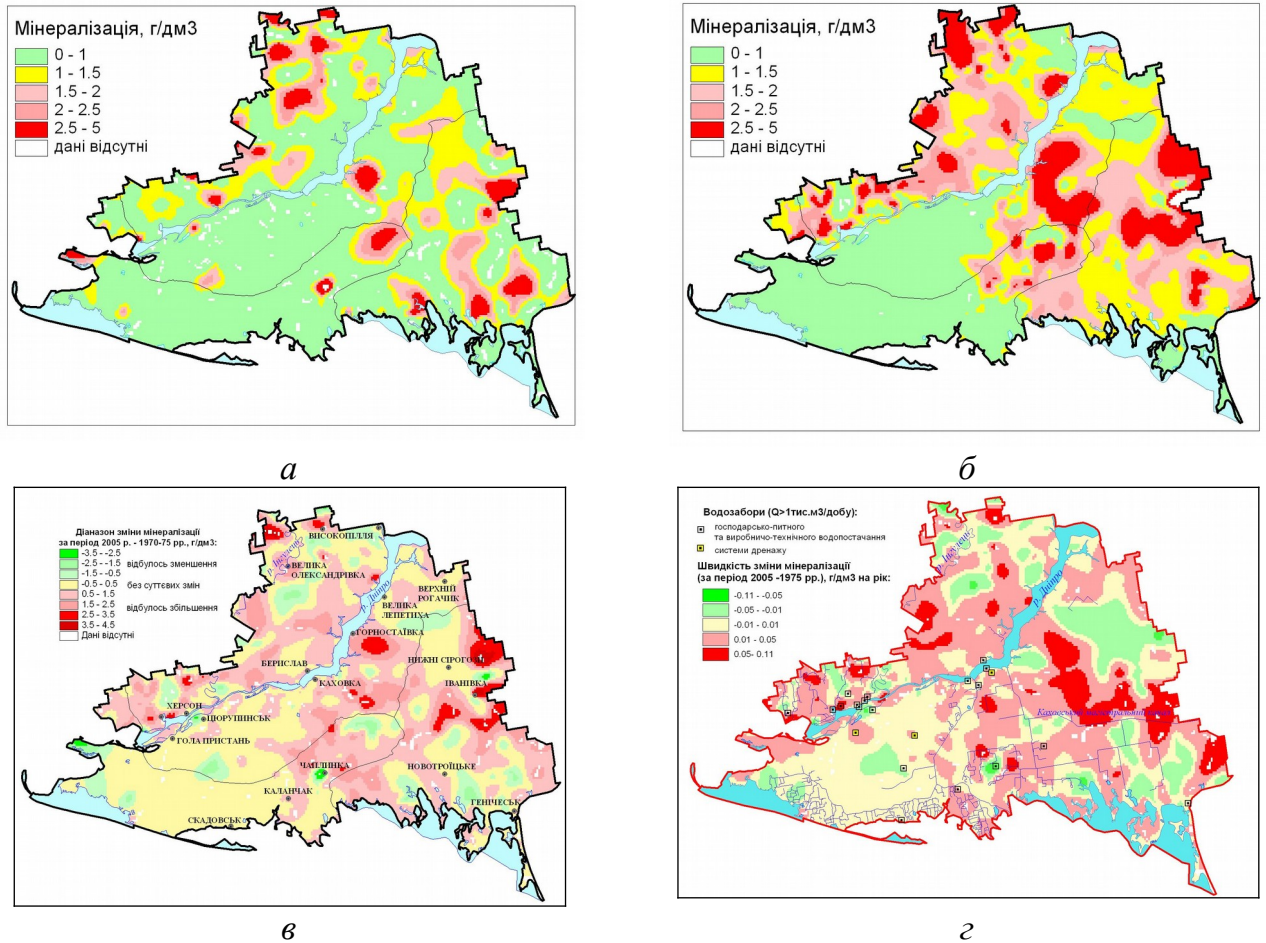
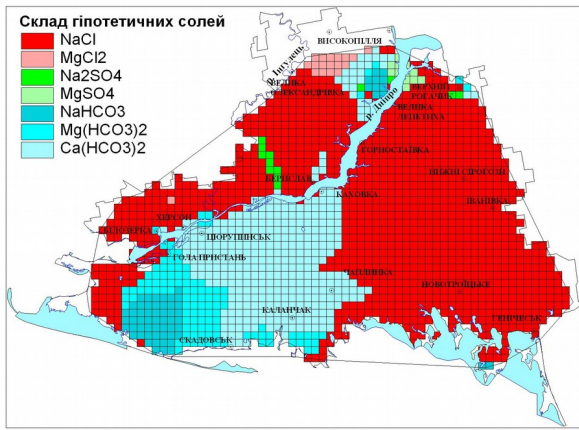


Рис. 5. Картограми розподілу величини мінералізації питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу: *а* – станом на I період (1965-1975 рр.), *б* – станом на II період (2005 р.); *в* – зміна мінералізації у часі (між I та II періодами); *г* – швидкість зміни мінералізації у часі

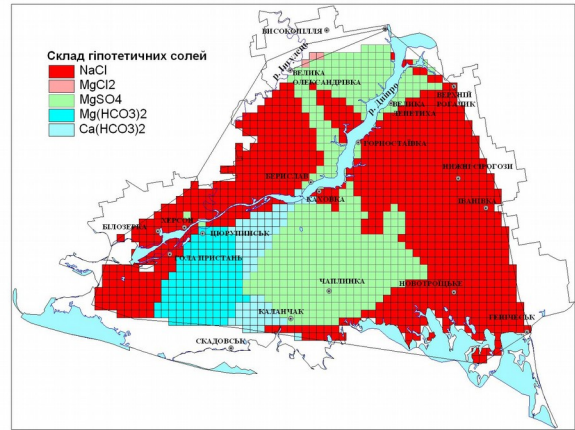
На основі отриманих моделей вмісту основних іонів розраховано гіпотетичний сольовий склад води. Розрахунок виконано методом комбінування основних іонів хімічного складу води (метод Фрезеніуса), виражених у еквівалентній формі. Комбінування основних іонів сольового складу виконана за такою схемою: 1) $\text{Cl}^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{HCO}_3^-$; 2) $(\text{Na}+\text{K})^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Ca}^{2+}$. Результати розрахунків представлені на рис. 6. Картограма сольового складу для II періоду (рис. 6 б), через значний дефіцит вихідної інформації (48 свердловин) лише наближено відображає реальну ситуацію.

Статистичний аналіз вибірок, отриманих за результатами просторового моделювання, дозволяє зробити наступні висновки щодо еволюції макрокомпонентного складу питних підземних вод регіону.

За період тривалої експлуатації на території області відбулося зростання середнього значення мінералізації та вмісту основних іонів у підземних водах верхньоміоценового водоносного комплексу, що робить воду некондиційною для питного водопостачання (табл. 1, рис. 7). Відносно стабільним у часі залишається вміст гідрокарбонат іону, який домінує у сольовому складі прісних вод південно-східної частини області («Олешківські піски»).



а



б

Рис. 6. Картограми гіпотетичного сольового складу підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу: а – станом на I період (1965-1975 рр.), б – станом на II період (2002-2010 рр.)

Таблиця 1. Порівняльна оцінка середнього хімічного складу питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу на території Херсонської області, мг/дм³

| Показники | Води верхньоміоценового водоносного комплексу | | Підземні води зони гіпергенезу (С. Шварцев, 1998 р.) | Підземні води континентального засолення (С. Шварцев, 1998 р.) | ГДК для питної водопровідної води (ДСанПіН 2.2.4-171-10) |
|---------------------------------|---|----------------------|--|--|--|
| | I період | II період | | | |
| | 1965-1975 рр. | 2005 р. | | | |
| Мінералізація | 850 | 1400 | 469 | 1360 | 1000 |
| | 1965-1975 рр. | 2002-2010 рр. | | | |
| Ca ²⁺ | 71,14 | 121,64 | 39,2 | 86,4 | - |
| Mg ²⁺ | 60,19 | 136,92 | 18,2 | 46,2 | - |
| Na ⁺ +K ⁺ | 195,96 | 345,23 | 72,8 | 139,2 | - |
| HCO ₃ ⁻ | 242,86 | 256,28 | 187 | 349 | - |
| SO ₄ ²⁻ | 219,02 | 686,83 | 304 | 70,7 | 250 |
| Cl ⁻ | 289,35 | 487,58 | 59,7 | 258 | 250 |

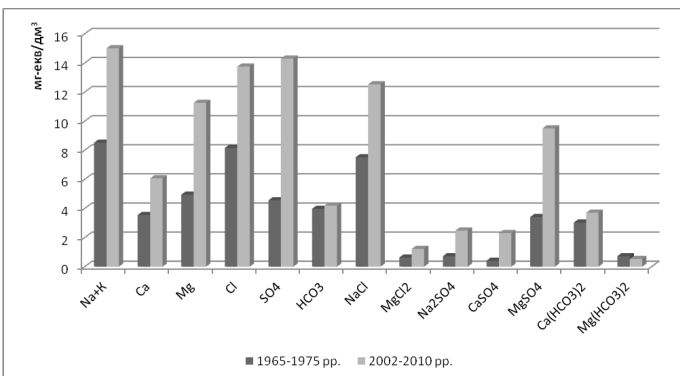


Рис. 7. Динаміка середнього вмісту макрокомпонентів та гіпотетичного сольового складу питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу на території Херсонської області

кореляції Спірмена змінюється від $r_s=0,57$ до $r_s=0,34$), збільшується SO_4^{2-} ($r_s=0,85-0,94$),

У часі збільшився ступінь концентрування SO_4^{2-} по відношенню до HCO_3^- . За величиною коефіцієнта концентрації (відношення середнього вмісту іону у підземних водах верхньоміоценового водоносного комплексу до середнього вмісту у підземних водах зони гіпергенезу (табл. 1)) іони утворюють наступні ряди: $Cl > Mg^{2+} > (Na^+ + K^+) > Ca^{2+} > HCO_3^- > SO_4^{2-}$ (для I періоду); $Cl > Mg^{2+} > (Na^+ + K^+) > Ca^{2+} > SO_4^{2-} > HCO_3^-$ (для II періоду).

Роль іону HCO_3^- у формуванні величини загальної мінералізації води зменшується у часі (коефіцієнт рангової

Mg^{2+} ($r_s=0,87-0,96$), Ca^{2+} ($r_s=0,75-0,85$). Тісний кореляційний зв'язок між величиною мінералізації та вмістом іонів ($Na^+ + K^+$) ($r_s=0,96-0,95$) та Cl^- ($r_s=0,95-0,88$) зберігається у часі. У гіпотетичному сольовому складі питних підземних вод переважають солі $NaCl$ та $MgSO_4$ (рис. 7.).

Часові варіації вмісту основних макрокомпонентів зумовили зміну гідрогеохімічного типу води із прісних, сульфатно-хлоридних магнієво-натрієво-калієвих (1) до солонуватих, хлоридно-сульфатних магнієво-натрієво-калієвих (2), відповідно до формули М. Курлова, розрахованої для першого (1) та другого (2) часових періодів за значеннями середнього вмісту іонів:

$$M_{0,8} \frac{Cl^- 49SO_4^{2-} 27HCO_3^- 24}{Na^+ + K^+ 50Mg^{2+} 29Ca^{2+} 21} \quad (1)$$

$$M_{1,4} \frac{SO_4^{2-} 44Cl^- 43HCO_3^- 13}{Na^+ + K^+ 46Mg^{2+} 35Ca^{2+} 19} \quad (2)$$

Зміна у часі гідрогеохімічного типу води свідчить про повну техногенну метаморфізацію питних підземних вод, під якою розуміють глибокі зміни всього хімічного складу та властивостей підземних вод, що

Таблиця 2. Коефіцієнти техногенної метаморфізації

| Коефіцієнт | I період | II період |
|------------|------------------------------|------------------------------|
| K_1 | $\frac{0,09 - 425,74}{3,57}$ | $\frac{0,07 - 15,44}{1,0}$ |
| K_2 | $\frac{0 - 1,29}{0,34}$ | $\frac{0,02 - 2,32}{0,76}$ |
| K_3 | $\frac{0,05 - 6,7}{0,92}$ | $\frac{0,03 - 3,39}{0,82}$ |
| K_4 | $\frac{0,04 - 498,2}{1,99}$ | $\frac{0,19 - 706,48}{1,71}$ |

Примітка. У чисельнику наведено мінімальне та максимальне значення, в знаменнику – середнє арифметичне.

Відповідно до даних табл. 2, у катіонному складі переважають іони Ca^{2+} та Mg^{2+} ($K_4 \rightarrow \infty$), група води за катіонами у часі не змінюється. Однак, відбулося переформування хімічного типу води у напрямку зростання іонів SO_4^{2-} та зменшення HCO_3^- (рис. 8).

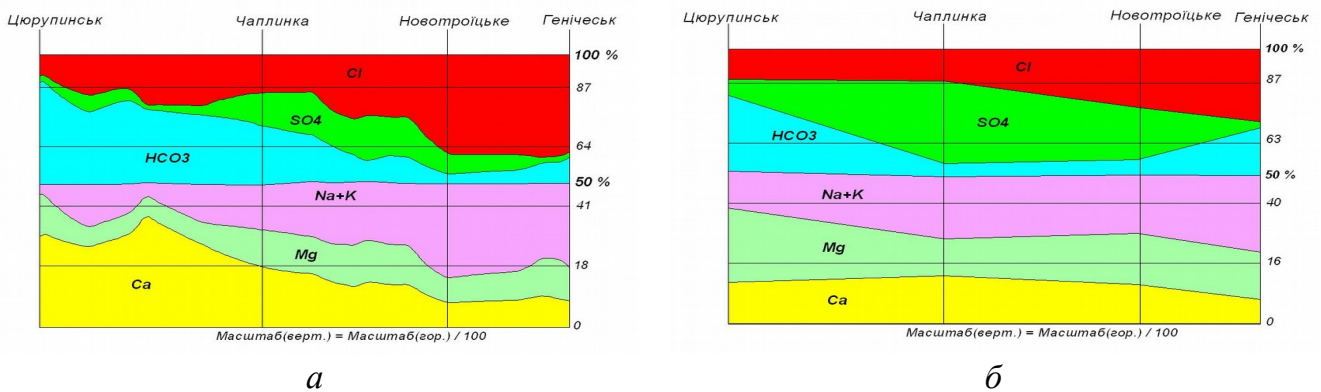


Рис. 8. Гідрогеохімічні профілі верхньоміоценового водоносного комплексу по лінії м. Днірупинськ – м. Генічеськ: а) на I період часу; б) на II період часу

Таким чином, техногенна метаморфізація хімічного складу питних підземних вод відбувається у напрямку $HCO_3^- \rightarrow SO_4^{2-}$. Іони HCO_3^- відображають природний тип води, SO_4^{2-}

– забруднених вод, що надходять до водоносного комплексу за рахунок інфільтрації атмосферних та ґрунтових вод. Солі сульфатів у підземні води комплексу надходять від техногенних (стічні води підприємств) та природно-техногенних (ґрунтові води, відкладення солей у товщі слабопроникних відкладів, водовміщуючі породи) джерел.

Для виділення площ з повною та частковою метаморфізацією питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу використано коефіцієнт техногенної метаморфізації: $K_{т.м.} = [rSO_4^{2-}] / [rHCO_3^-]$. Величина $K_{т.м.}$ для II періоду змінюється у межах 0,07-15,17, середнє арифметичне становить 3,37. При $K_{т.м.} < 3,37$ має місце часткова техногенна метаморфізація підземних вод, при $K_{т.м.} > 3,37$ – повна (рис. 9.).

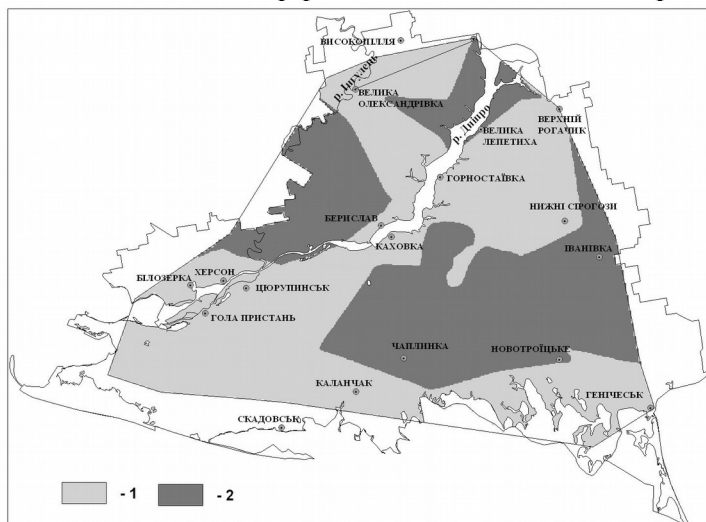


Рис. 9. Схема поширення питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу з різним ступенем техногенної метаморфізації: 1 – часткова; 2 – повна

«Олешківські піски» не розпочався процес повної техногенної метаморфізації підземних вод.

У шостому розділі «Чинники збільшення мінералізації питних підземних вод та шляхи покращення еколого-гідрологічного стану верхньоміоценового водоносного комплексу» наведені результати дослідження впливу основних регіональних природних та техногенних факторів на збільшення величини мінералізації питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу. Розроблено рекомендації щодо зменшення негативного впливу на еколого-гідрологічні умови.

Для з'ясування можливих причин збільшення мінералізації підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу будемо виходити з наступних положень: 1) основним джерелом розчинених у підземних водах солей є водовміщуючі та водотривкі відклади, багаті солями природного (морські солі) та техногенного (зрошувальні води, мінеральні добрива) походження; 2) запаси легкорозчинних солей у лесово-суглинистій товщі порід зони аерації поповнюються та збільшуються у часі, особливо на масивах зрошення земель водою підвищеної мінералізації; 3) транспортування солей із порід зони аерації здійснюється внаслідок вертикального перетікання направленою від денної поверхні вниз, у водоносний комплекс верхньоміоценових відкладів; 4) розчинення солей у підземних водах збільшується при збільшенні часу контакту їх з породою і визначається швидкістю руху підземних вод – при малих швидкостях мінералізація зростає.

Просування фронту повністю метаморфізованих вод співпадає з напрямом руху підземних вод комплексу від регіональних областей живлення до областей розвантаження та зон підвищення рівня верхньоміоценового водоносного комплексу. Це свідчить про латеральне та вертикальне привнесення розчинених солей у підземні води комплексу.

Безпечними для питного водопостачання за величиною мінералізації залишаються підземні води поширені у південно-західній частині області. Унаслідок постійного надходження прісних інфільтраційних вод від локальної області живлення

Будова розрізу. На території області, було виділено чотири основні типи геолого-гідрогеологічного розрізу. Найбільш поширеним є I тип розрізу (рис. 10), II та IV тип виявлений лише на крайньому півдні, а III – прослідковується лише у межах річкових долин великих рік (р. Дніпро, Інгулець), де породи першого регіонального водотриву повністю розмиті і сучасний алювій лежить на корінних породах неогену. За результатами статистичного аналізу (перевірку статистичної однорідності вибірок за критерієм Колмогорова-Смірнова) встановлено, що будова розрізу впливає на величину мінералізації підземних вод комплексу. Найбільша величина мінералізації прослідковується у межах поширення I та III типів розрізу, для яких характерним є те, що верхньоміоценовий водоносний

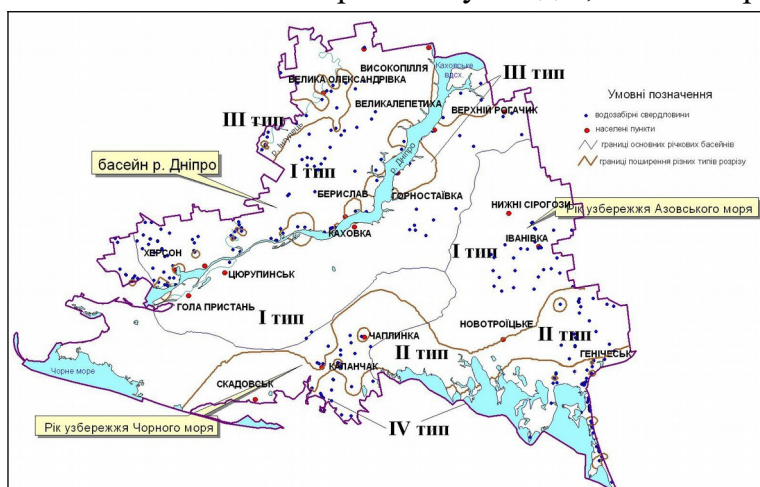


Рис. 10. Схема поширення основних типів геолого-гідрогеологічного розрізу на території Херсонської області

комплекс є першим міжпластовим водоносним горизонтом, який відділений від ґрунтового горизонту потужною товщею водотривких відкладів (I тип) або ж лише невитриманим малопотужним прошарком (III тип). Більш прісними є підземні води у свердловинах, що розкривають II та IV типи розрізу на півдні області зі значними середніми глибинами залягання комплексу (> 90 м), а верхньоміоценовий водоносний комплекс є другим міжпластовим. Таким чином, збільшення глибини залягання верхньоміоценового водоносного комплексу та наявність декількох вищезалягаючих водоносних горизонтів, до яких надходять легкорозчинні солі з поверхні, сприяють збереженню прісних питних вод верхньоміоценового водоносного комплексу.

Неотектонічна активність. Вплив неотектонічної активності на хімічний склад питних підземних вод верхнього міоцену оцінювався за допомогою статистичного аналізу даних про хімічний склад вод та показників неотектонічної активності (наявність новітніх лінійних та кільцевих структур, амплітуди та інтенсивність вертикальних рухів) Інтенсивність неотектонічних рухів оцінювалась з використанням морфометричного підходу В. Філософова. Оцінено відносні значення таких ключових морфометричних параметрів як енергії рельєфу та різниця вершинної і базисної поверхонь рельєфу, розрахованих з використанням статистичного та геоінформаційного підходів (І. Чернова та ін.) (рис. 11). Встановлено існування слабкого статистично значущого (на рівні $p < 0,05$) кореляційного зв'язку між відносною інтенсивністю неотектонічних рухів та концентрацією сульфат іону (коефіцієнт рангової кореляції Спірмена 0,32-0,4) і вмістом СПАР (0,4) у питних підземних водах. Отже, в зонах зі значним вертикальним розчленуванням рельєфу (річкові долини, балки) спостерігається більший вміст сульфат іону та, відповідно, мінералізації. Виявлена залежність є оберненою до раніше встановленої (А. Солдак) для ґрунтових вод регіону. Це можна пояснити тим, що в таких зонах, зазвичай, відсутня потужна товща слабопроникних пліоцен-четвертинних відкладів і багаті сульфатами ґрунтові води вододілів розвантажуючись у такі природні дрени, активно перетікають у вапняки неогену, забруднюючи питні підземні води.

За даними карти новітньої тектоніки Західного сегменту Скіфської плити (В. Верховцев, 2010) на основі статистичного аналізу встановлено, що лінеamenti 1-го

порядку не мають істотного впливу на хімічний склад питних підземних вод зони активного водообміну. Більш мінералізованими є води північної частини області, де амплітуди вертикальних пізньопліоцен-четвертинних рухів коливаються у межах 25-50 м.

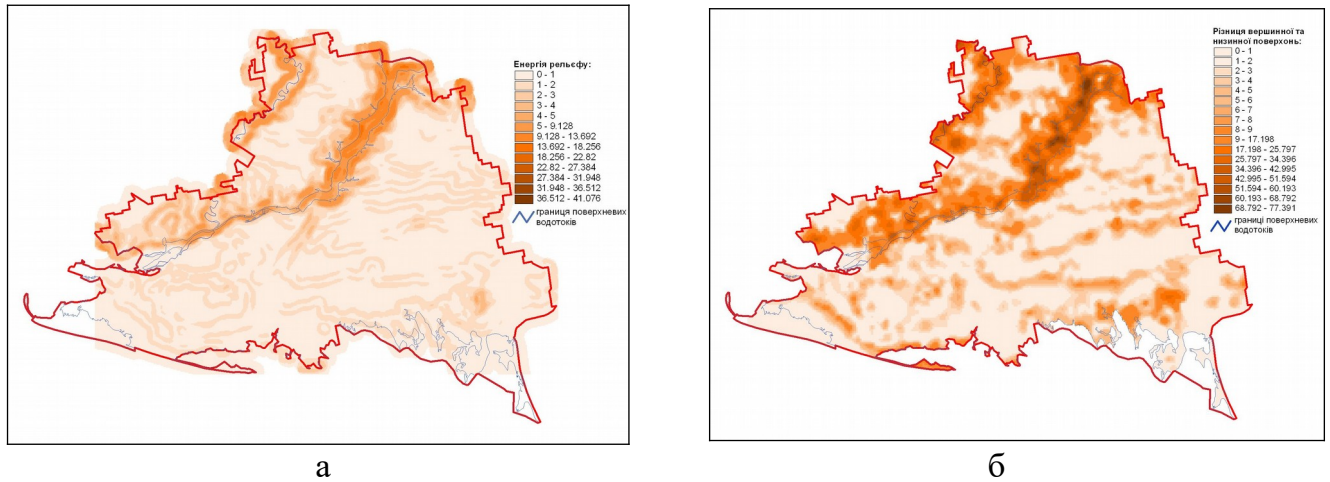
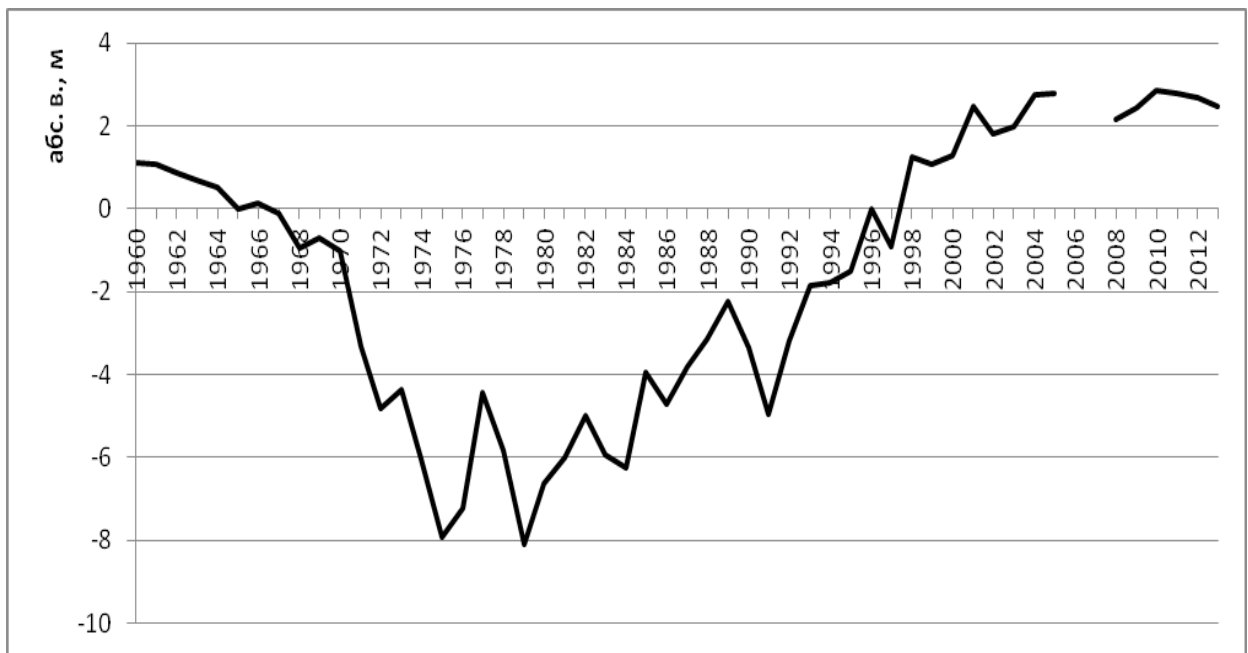


Рис. 11. Картограми розподілу морфометричних параметрів на території Херсонської області: а – енергії рельєфу; б – різниці вершинної та низинної поверхонь

Відбір підземних вод та інтенсивність інфільтраційного живлення. На прикладі крупних родовищ підземних вод (Херсонське, Асканійське, Генічеське), що тривалий час експлуатують верхньоміоценовий водоносний комплекс у різних природних умовах (тип розрізу, неотектонічна активність) встановлено, що в умовах зменшення водовідбору та підйому рівня зберігається тенденція до збільшення мінералізації у часі (рис. 12). Значні темпи зростання мінералізації характерні для водозаборів Херсонського родовища, розташованого у межах поширення I та III типів розрізу, з високим ступенем вертикального розчленування рельєфу та зростанням у часі інтенсивності інфільтраційного живлення.



а

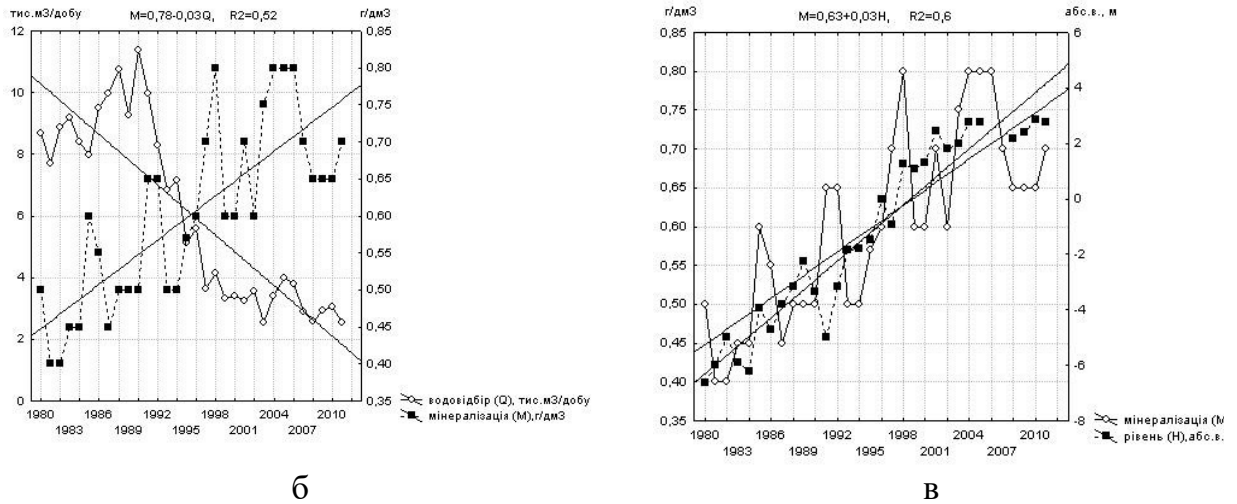


Рис. 12. Графік коливання рівня верхньоміоценового водоносного комплексу у спостережувальній свердловині в зоні впливу Генічеського родовища (а), б – залежність між величиною середньої мінералізації по родовищу та сумарним водовідбором; в – залежність між мінералізацією та рівнем підземних вод

ВИСНОВКИ

1. Інтенсивне техногенне навантаження (гідротехнічне будівництво, зрошення, водовідбір підземних вод) у період 1965-2010 рр. призвело до докорінної зміни природних гідрогеодинамічних умов, що виявляється у зміні структури та швидкості планової та вертикальної фільтрації підземних вод, зростанні інфільтраційного живлення та підвищенні рівня верхньоміоценового водоносного комплексу на більшій території області.

2. Розроблено методичні підходи до кількісної оцінки уразливості підземних вод до забруднення, із застосуванням яких вперше виконано типізацію території Херсонської області за уразливістю питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу щодо забруднення у техногенних умовах. Встановлено, що підземні води комплексу на більшій частині свого поширення (56% від загальної площі області) схильні до забруднення в умовах техногенезу. Найбільш уразливими щодо забруднення є підземні води у долині р. Інгулець та р. Дніпро, зокрема поблизу крупних населених пунктів.

3. Хімічне забруднення питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу має комплексний характер. За повторюваністю випадків перевищення ГДК основні забруднювачі розташовуються у ряду: феноли > загальна жорсткість > мінералізація > Cl > SO₄ > NH₄, Cd, Fe, Al, пестициди > Pb > As > NO₃ > Ni, Mn > NO₂ > Cr, Sr, нафтопродукти. Серед них до регіонального забруднення належить фенольне, підвищена мінералізація, загальна жорсткість та вміст хлоридів (перевищення ГДК спостерігається більше, ніж у 50% випадків). Локальними забруднювачами питних підземних вод є: NH₄, NO₂, NO₃, Cd, Ni, Fe, Mn, Cr, Pb, As, Sr, Al, Be, пестициди та нафтопродукти. Підвищені концентрації Sr, Al, Be, Mn, Cr у питних підземних вод комплексу мають природне походження, решта має природно-атропогенний та антропогенний генезис.

4. Погіршення якості питної води верхньоміоценового водоносного комплексу в межах Херсонської області значною мірою визначає безпеку життєдіяльності населення. Основним наслідком вживання мінералізованих, жорстких вод регіону є розвиток сечокам'яної, гіпертонічної хвороби, склерозу, гастритів. Вплив на організм більшості токсичних елементів виявлених у питних підземних водах – мутагенний (канцерогенний),

який посилюється за комбінованої дії декількох токсичних елементів, зумовлюючи ризик онкологічних захворювань.

5. Розроблено методику просторового моделювання розподілу поля мінералізації та вмісту макрокомпонентів у підземних водах, за умов обмеженої кількості вихідних даних. За результатами математико-картографічного моделювання розраховано середній макрокомпонентний склад, величину мінералізації та гіпотетичний сольовий склад питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу на два періоди часу.

6. Встановлено, що за період тривалої експлуатації відбулося збільшення величини середньої мінералізації питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу від 0,8 до 1,4 г/дм³ та вмісту основних макрокомпонентів, окрім HCO₃⁻. Темп солеутворення за період 1965-2005 рр. у межах експлуатаційної частини верхньоміоценового водоносного комплексу на території області становить 0,7 млн.т/рік. У розрахованому за алгоритмом Фрезеніуса гіпотетичному складі розчину переважають іони Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, у часовому розрізі істотно зростає вміст сульфатів та Mg²⁺.

7. Регіональне забруднення питних підземних вод супроводжується їх техногенною метаморфізацією у напрямку HCO₃⁻→SO₄²⁻. Кількісним показником ступеню техногенної метаморфізації є коефіцієнт техногенної метаморфізації: $K_{т.м.} = [rSO_4^{2-}] / [rHCO_3^{-}]$. Просування фронту повністю метаморфізованих вод співпадає з напрямом руху підземних вод комплексу від регіональних областей живлення до областей розвантаження та із зонами підвищення рівня верхньоміоценового водоносного комплексу.

8. Величина мінералізації підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу визначається низкою природних та техногенних чинників: будовою геологічного розрізу, неотектонічною активністю, обсягом водовідбору, інтенсивністю інфільтраційного живлення. Головним фактором стрімкого збільшення мінералізації питних підземних вод є підвищення рівня верхньоміоценового водоносного комплексу, подекуди вище його природного положення, зумовлене скороченням обсягів водовідбору та збільшенням інтенсивності інфільтраційного живлення. Підвищення рівня активізує процеси вилугування багатих легкорозчинними солями вапняків та низхідного вертикального перетікання мінералізованих підземних вод суміжних горизонтів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях

1. **Степанюк О.В.** Кларки мікроелементів в литосфері, біосфері і гидросфері / О. Степанюк, А. Волконский // Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. Вип. 2. – 2009. – С. 162-166. (*Особистий внесок – аналіз та узагальнення літературних даних*).

2. **Щербак О.В.** Просторова оцінка засобами ГІС засолення підземних вод неогенового водоносного комплексу на території Херсонської області / О. Щербак // Геоінформатика. – 2012. – № 4 (44). – С. 73-76.

3. **Щербак О.В.** Методичні аспекти оцінки антропогенного впливу на підземну гидросферу на приклад Херсонської області / О. Щербак // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія Геологія. – 2013. – № 1 (60). – С. 59-62.

4. **Щербак О.В.** Зміна природної захищеності підземних вод в умовах підтоплення на території Херсонської області / О. Щербак // Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки. – 2013. – Т. 18. Випуск 1 (17) – С. 249-253.

5. **Scherbak O.** Groundwater and its susceptibility to contamination in Kherson region / O. Scherbak // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія Геологія. – 2013. – № 4 (63). – С. 74-76.

6. **Щербак О.В.** Еволюція макрокомпонентного складу питних підземних вод в умовах техногенезу на території Херсонської області/ О.В. Щербак, О.П. Лобасов, Л.О. Калініченко// Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки. – 2014. – Т. 19. Випуск 3 (22) – С. 289-297. (*Особистий внесок – постановка проблеми, розробка алгоритму обробки та інтерпретація результатів*).

7. **Щербак О.В.** Региональные особенности изменения химического состава питьевых подземных вод на орошаемых территориях юга Украины/ О.В. Щербак// Веснік Брэсцакага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2014. – № 2. – С. 140-145.

Публікації в інших виданнях, тези наукових доповідей

8. **Щербак О.В.** ГІС як засіб аналізу змін гідрогеологічних умов [Електронний ресурс]/ О.В. Щербак // Матеріали III Всеукраїнської наукової конференції-школи «Сучасні проблеми геологічних наук» м. Київ, 17-20 травня 2011 р. (електронна збірка наукових праць) – Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2011. – С. GG 9. – електор.-опт. диск (CD-ROM).

9. **Scherbak O.** Applying GIS to the Study Process of Groundwater Salinisation in Kherson region / O. Scherbak // 3rd Students International Geological Conference. April 27-30, 2012. Ivan Franko National University of Lviv. Lviv, Ukraine. Abstracts. – Lviv: Ivan Franko National University of Lviv, 2012. – P. 36-37.

10. **Щербак О. В.** Оцінка техногенного навантаження на підземну гідросферу на прикладі Херсонської області / О. Щербак, О. Кошляков // Матеріали X Міжнародної конференції «Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища», м. Київ, 17-20 жовтня 2012 р. – К., 2012. – С. 230-232. (*Особистий внесок – збір та обробка вихідної інформації, інтерпретація результатів*).

11. **Щербак О.В.** Пространственно-временной анализ влияния основных видов антропогенной деятельности на подземные воды Херсонской области / О. Щербак // Матеріали двенадцатой межвузовской молодежной научной конференции «Школа экологической геологии и рационального недропользования», 19-24 ноября, 2012 г., Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург, 2012. – С. 306-309.

12. **Щербак О.В.** Источники загрязнения подземных вод и подходы к оценке их влияния на территории Херсонской области / О. Щербак // Сборник научных трудов SWorld. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2012», www.sworld.com.ua 18-27 декабря 2012 г. – Выпуск 4. Том 48. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – С. 77-81.

13. Кошляков О.Є. Основні тенденції зміни якісного складу питних підземних вод Херсонщини / О. Кошляков, **О. Щербак** // Сучасні проблеми геології: Збірник наукових праць до 155-річчя з дня народження академіка Павла Аполлоновича Тутковського. – К., Фітоп, 2013. – С. 301-305. (*Особистий внесок – збір та узагальнення фондів матеріалів про якісний стан питних підземних вод, висновки*).

14. **Щербак О.В.** Підходи до оцінки техногенного навантаження на підземні води від локальних джерел забруднення / О. Щербак // Збірник наукових статей IV-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013), м. Вінниця, 25-27 вересня, 2013. – Вінниця: Видавництво-друкарня ДІЛО, 2013. – № 4 (44). – С. 203-205.

15. **Щербак О.В.** Подходы к региональной оценке изменений качества питьевых подземных вод / О. Щербак, А. Кошляков // Мониторинг окружающей среды: сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 25-27 сентября 2013 г.: в 2 ч. – Брест: БрГУ, 2013. – Ч. 1. – С. 156-158. (*Особистий внесок – постановка проблеми, розробка рекомендацій*).

16. **Щербак О.В.** Гідрогеохімічні особливості верхньоміоценового водоносного комплексу в межах басейну р. Дніпро на території Херсонської області / О. Щербак // Збірник матеріалів П'ятої Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених до 95-річчя Національної академії наук України. 19-20 листопада 2013, Київ, Україна. –К. –2013. – С. 81-82.

17. Кошляков О.Є. Моніторинг стану підземних вод України: проблеми на шляху інтеграції до вимог Водної Рамкової Директиви / О. Кошляков, **О. Щербак** // Матеріали Тринадцятої Міжнародної науково-практичної конференції: збірник наукових статей. – Львів, 29-30 травня 2014 р. – Львів: ЛьДЦНП, 2014. – С. 24-28. (*Особистий внесок – постановка та аналіз проблеми, розробка рекомендацій*).

18. **Щербак О.В.** Еволюція хімічного складу питних підземних вод на прикладі Херсонської області/ О.В. Щербак // Проблеми гідрогеології на сучасному етапі: матеріали I наукової конференції присвяченої пам'яті професора Харківського університету І.К. Решетова (м. Харків, 5-6 листопада 2014 р.) – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2014. – С. 40-41.

АНОТАЦІЯ

Щербак О.В. Техногенно спричинені зміни еколого-гідрогеологічних умов верхньоміоценового водоносного комплексу на території Херсонської області. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук зі спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека. Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, 2015.

У дисертаційній роботі розглянуто актуальну проблему сьогодення зміну еколого-гідрогеологічних умов експлуатаційних водоносних горизонтів, що супроводжується погіршенням якості питних підземних вод та викликає загрозу екологічній безпеці регіону. На основі аналізу даних щодо сучасного якісного стану питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу та на початку їх інтенсивного освоєння, визначено просторово-часові закономірності розвитку техногенного забруднення питних підземних вод. Встановлено, що за період тривалої експлуатації відбулося збільшення величини середньої мінералізації питних підземних вод, що супроводжується їх техногенною метаморфізацією у напрямку $\text{HCO}_3 \rightarrow \text{SO}_4$. Виділено основні забруднювачі питних підземних вод регіону, їх генезис та можливий вплив на здоров'я населення. Удосконалено методику оцінки уразливості підземних вод щодо забруднення, із застосуванням якої виконана типізація верхньоміоценового водоносного комплексу за величиною уразливості щодо забруднення у межах Херсонської області. Визначено природні та техногенні чинники, що впливають на величину мінералізації підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу.

Ключові слова: підземні води, верхньоміоценовий водоносний комплекс, уразливість, техногенне навантаження, мінералізація, ГС, техногенна метаморфізація, еколого-гідрогеологічні умови.

АНОТАЦИЯ

Щербак О.В. Техногенно вызванные изменения эколого-гидрогеологических условий верхнемиоценового водоносного комплекса на территории Херсонской области. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. Государственное учреждение «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев, 2015.

Диссертация посвящена важной экологической проблеме современности – ухудшению качества питьевых подземных вод. Проблема особо актуальна для вододефицитных регионов юга Украины, в частности – Херсонской области.

На территории Херсонской области основным источником питьевых вод является верхнемиоценовый водоносный комплекс, распространенный повсеместно. В условиях интенсивного техногенного освоения территории (гидротехническое строительство, орошение, водоотбор подземных вод), за последние 50 лет произошли существенные изменения природных гидрогеологических условий основного эксплуатационного водоносного комплекса. Наметилась тенденция к ухудшению качества питьевых подземных вод комплекса, что угрожает экологической безопасности области.

Автором выполнены работы по изучению современного эколого-гидрогеологического состояния верхнемиоценового водоносного комплекса на территории Херсонской области, которые включали:

- оценку уязвимости подземных вод к загрязнению и типизацию территории области по величине уязвимости к загрязнению верхнемиоценового водоносного комплекса (с помощью усовершенствованного автором критерия уязвимости подземных вод к загрязнению P);
- оценку степени освоения ресурсов подземных вод и их склонности к истощению;
- определение основных загрязнителей подземных вод и их генезиса;
- выявление пространственно-временных закономерностей изменения гидрогеодинамических и гидрогеохимических условий верхнемиоценового комплекса (с помощью специально разработанной методики аппроксимации в условиях ограниченного количества исходных данных в среде ГИС);
- выяснение региональных причин ухудшения эколого-гидрогеологического состояния.

Установлено, что подземные воды комплекса на большей территории своего распространения (95 % от общей площади области) уязвимы к загрязнению. Уязвимость к загрязнению увеличивается во времени в связи с изменением гидрогеодинамических условий (возрастают площади нисходящего вертикального перетекания) и возрастанием количества потенциально опасных для подземных вод техногенных объектов.

Загрязнение питьевых подземных вод комплекса имеет комплексный характер. Региональные загрязнители следующие: фенолы, повышенная минерализация, общая жесткость и содержание хлоридов (превышение ПДК наблюдается более чем в 50 % случаев). Локальными загрязнителями питьевых подземных вод являются: NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Cd, Ni, Fe, Mn, Cr, Pb, As, Sr, Al, Be, пестициды и нефтепродукты. Основным следствием употребления минерализованных, жестких вод региона является развитие мочекаменной, гипертонической болезни, склероза, гастритов.

За период длительной эксплуатации (1965-2010 гг.) произошло увеличение величины средней минерализации питьевых подземных вод верхнемиоценового водоносного комплекса от 0,8 до 1,4 г/дм³ и концентраций основных макрокомпонентов, кроме HCO_3^- . Во времени существенно увеличивается содержание ионов SO_4^{2-} . Региональное

загрязнение питьевых подземных вод сопровождается их техногенной метаморфизацией в направлении $\text{HCO}_3 \rightarrow \text{SO}_4$.

Главным фактором стремительного увеличения минерализации питьевых подземных вод является повышение уровня верхнемиоценового водоносного комплекса, обусловленное сокращением объемов водоотбора и увеличением интенсивности инфильтрационного питания.

Ключевые слова: подземные воды, верхнемиоценовый водоносный комплекс, уязвимость, техногенная нагрузка, минерализация, ГИС, техногенная метаморфизация, эколого-гидрогеологические условия.

SUMMARY

Scherbak O.V. Anthropogenic caused changes in ecological and hydrogeological conditions of the upper Miocene aquifer system in Kherson oblast'. - Manuscript.

Thesis for a Candidate degree in Geology. Specialty 21.06.01 – ecological safety. State Institution "Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine", Kyiv, 2015.

The dissertation deals with the actual problem of changing in ecological and hydrogeological conditions of fresh water aquifers accompanied by deterioration of resources of drinking groundwater and caused a threat to the ecological security of the region. The spatial-temporal patterns of drinking groundwater contamination was defined, based on data of current quality state of drinking groundwater of the upper Miocene aquifer system. It is defined that during long-term exploitation the average value of drinking groundwater salinity was increased, this process accompanied by anthropogenic metamorphization of groundwater towards $\text{HCO}_3 \rightarrow \text{SO}_4$. The main contaminants of drinking groundwater in the region, their genesis and possible effects on health were established. The methodical approach to determining the vulnerability of groundwater aquifer to contamination was perfected, based on such approach the typification of the upper Miocene aquifer system within Kherson oblast' was performed. The natural and anthropogenic factors that affect to the groundwater salinity of the upper Miocene aquifer system were determined.

Key words: groundwater, the upper Miocene aquifer system, vulnerability, anthropogenic load, salinity, GIS, anthropogenic metamorphization, ecological and hydrogeological conditions.

Підписано до друку 07.04.2015 р. Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Друк цифровий.

Обсяг 0,9 ум.-друк. арк. Наклад 100 прим. Зам. № П-2015-170

Надруковано у центрі оперативної поліграфії ФОП Кравченко Я.О.
03039, м. Київ, пр-кт. Червонозоряний, 119.
Тел. (044) 561-95-31, (067) 506-57-55