

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Левонюк Сергій Михайлович

УДК 556.314:556.388+504.064:556.38

ДИСЕРТАЦІЯ

**«ЕКОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ
ЯКІСНОГО СКЛАДУ ПІДЗЕМНИХ ВОД БУЧАЦЬКО-КАНІВСЬКОГО
ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСУ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ
ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОГО АРТЕЗІАНСЬКОГО БАСЕЙНУ»**

Спеціальність 103 – «Науки про Землю»

(Галузь знань 10 – Природничі науки)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ С. М. Левонюк

Науковий керівник: Удалов Ігор Валерійович, доктор геологічних наук, професор.

Харків – 2023

АНОТАЦІЯ

Левонюк С. М. Еколого-гідрогеологічна трансформація якісного складу підземних вод бучацько-канівського водоносного комплексу центральної частини Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 «Науки про Землю» (Галузь знань 10 – Природничі науки). – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, Харків, 2023.

Дисертацію присвячено вирішенню важливої науково-практичної проблеми підвищення екологічної безпеки питного водопостачання населених пунктів у межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну (ДДАБ) за рахунок встановлення чинників еколого-гідрогеологічної трансформації якісного складу питних підземних вод бучацько-канівського водоносного комплексу (БКВК) за 60-ти річний період експлуатації водозаборів (1960-2020 рр.).

Автором встановлено, що на досліджених водозаборах погіршення якості підземних вод відбувається за рахунок як підвищення вмісту хімічних елементів глибинного (переважно), так і поверхневого (епізодично) генезису. Визначено, що превалюючим чинником формування хімічного складу підземних вод БКВК на сучасному етапі є природні явища, активізовані техногенною складовою (розширення мережі водозаборів та інтенсифікація водовідбору на них) та глибинними гідрогеоміграційними процесами (висхідна міграція некондиційних вод крізь тектонічні порушення, пов'язані з соляними діапірами; висхідна та низхідна дифузія мінералізованих порових розчинів водотривів до вод БКВК).

Простежено характерні показники у складі вод БКВК (Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , V^{3+} , J , загальна мінералізація). Виявлено прямий позитивний зв'язок (коефіцієнти кореляції Пірсона $r = 0,7-0,9$) між їх вмістом та величиною загального

водовідбору в зоні впливу тектонічних порушень, пов'язаних із Полтавським соляним діапіром.

Отримано залежності, які дозволили обґрунтувати оптимальний загальний водовідбір на Полтавських водозаборах: - для стабілізації вмісту характерних показників у складі вод БКВК у межах східної частини міста, де спостерігається найбільш інтенсивне забруднення цих вод (до 16 тис. м³/добу);

- для стабілізації вмісту характерних показників у складі вод БКВК лише у межах інших частин міста, де спостерігається менш інтенсивне забруднення цих вод (до 40 тис. м³/добу).

Отримало подальший розвиток вивчення природного механізму збагачення питних підземних вод БКВК F⁻-ом, який відноситься до елементів II класу небезпеки. Розв'язано стратегічно важливу екологічну проблему регіону – доведено ключову роль техногенної складової (інтенсифікація водовідбору, розширення мережі водозаборів) у наявній тенденції до збільшення вмісту елементу у процесі експлуатації водозаборів регіону. Визначено геофонічний вміст F⁻ (близько 2 мг/дм³) на початок періоду активного техногенезу. Виділено території із критично загрозливим для здоров'я населення вмістом F⁻ (від 4 до 8 мг/дм³) та доведено можливість стабілізувати його вміст у водах комплексу для зменшення захворюваності населення території робіт.

Удосконалено наявну методичну базу із оцінки захищеності питних підземних вод на основі раціонального комплексування різнопланових показників, що характеризують сучасні природні та техногенні умови території досліджень, та вибору найбільш репрезентативних із них. Завдяки цьому визначено зони підвищеної екологічної небезпеки зниження якості підземних вод БКВК елементами поверхневого та глибинного генезису.

Розроблено комплексні системи районування території за небезпекою зміни якісного складу вод за допомогою бальної оцінки захищеності цих вод від двох груп забруднювачів. Розроблено методичний підхід до виділення перспективних ділянок для закладання нових водозаборів на БКВК у межах центральної частини ДДАБ. Оцінено прогнозні ресурси підземних вод з

відносно високими показниками питної якості у кількості 54,5 тис. м³/добу, що підвищує екологічну безпеку населення Полтавської міської агломерації.

Науково обґрунтовано характерні показники якісного складу підземних вод БКВК для систематичного гідрогеохімічного моніторингу на водозаборах. Рекомендовано контролювати їх вміст на базі загальних (контроль всього комплексу фактичних елементів-забруднювачів у зонах впливу водозаборів) та спеціальних (контроль загальної мінералізації, Cl⁻, F⁻, Fe_{заг.}, Br⁻, B³⁺, J⁻ на ділянках перетину зон впливу потужних водозаборів із територіями у радіусі 5 км навколо тектонічних порушень) моніторингових робіт.

Розроблено критерії оцінки рівнів забруднення питних підземних вод БКВК на водозаборах Східної України для ефективного контролю за їх вмістом при моніторингу в умовах обмеженого фінансування та збільшення оперативності при прийнятті управлінських рішень з підвищення екологічної безпеки питного водопостачання населення.

Наукова новизна одержаних результатів. Для бучацько-канівського водоносного комплексу у межах центральної частини Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну встановлено регіональні закономірності формування хімічного складу питних підземних вод в умовах тривалої експлуатації водозаборів (1960-2020 рр.) та визначено основні передумови еколого-гідрогеологічної трансформації їх якості. Завдяки цьому розроблено заходи для підвищення екологічної безпеки питного водопостачання регіону робіт. Для досліджуваної території отримано наступні наукові результати:

вперше:

– встановлено лінійну залежність вмісту характерних показників у складі вод БКВК (Cl⁻, F⁻, Fe_{заг.}, Br⁻, B³⁺, J⁻, загальна мінералізація) від величини загального водовідбору в зоні впливу тектонічних порушень, пов'язаних із Полтавським соляним діапіром та виявлено пряму позитивну кореляцію між цими параметрами (коефіцієнти кореляції Пірсона $r = 0,7-0,9$). На базі цього обґрунтовано оптимальний водовідбір на Полтавських водозаборах для

покращення екологічної безпеки питного водопостачання у межах східної (до 16 тис. м³/добу) та інших (до 40 тис. м³/добу) частин міста;

– розроблено комплексні системи еколого-гідрогеологічного районування території досліджень за небезпекою трансформації якісного складу підземних вод на основі бальної оцінки захищеності цих вод від забруднювачів. Визначено зони підвищеної екологічної небезпеки зниження якості питних підземних вод елементами поверхневого та глибинного генезису;

– науково обґрунтовано характерні показники якісного складу підземних вод на водозаборах, що експлуатують БКВК, для систематичного гідрогеохімічного моніторингу в умовах фільтрації забруднюючих речовин з поверхні (контроль всього комплексу фактичних елементів-забруднювачів у зонах впливу водозаборів) та міграції некондиційних вод знизу (контроль загальної мінералізації, Cl⁻, F⁻, Fe_{заг.}, Br⁻, B³⁺, J на ділянках перетину зон впливу потужних водозаборів із територіями у радіусі 5 км навколо тектонічних порушень);

отримало подальший розвиток:

– використання багатофакторного аналізу при еколого-гідрогеологічному картуванні для виділення перспективних ділянок у межах території досліджень для розміщення нових водозаборів на БКВК з найбільш якісними водами питної якості;

– вивчення природного механізму збагачення питних підземних вод F⁻-ом, який відноситься до елементів II класу небезпеки, та ролі техногенної складової в даних процесах для підвищення екологічної безпеки питного водопостачання.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано критерії оцінки рівнів забруднення питних підземних вод на водозаборах Східної України, що експлуатують БКВК, з використанням характерних показників якісного складу. Це підвищить ефективність контролю за їх вмістом при систематичному гідрогеохімічному моніторингу в умовах обмеженого фінансування, а також збільшить оперативність при прийнятті управлінських рішень з покращення екологічної безпеки питного водопостачання населення.

Завдяки апробації даної системи моніторингу за якістю вод на мережі водозаборів м. Полтава, яка є стратегічно важливою у межах регіону досліджень, обґрунтовано оптимальний водовідбір на водозаборах.

На основі багатофакторного аналізу виділено перспективні ділянки у межах території робіт для розміщення нових водозаборів. У межах ділянки апробації (територія у радіусі 40 км навколо м. Полтава) виконано оцінку резерву прогнозних ресурсів підземних вод високої якості у кількості 54,5 тис. м³/добу, що дозволить забезпечити високоякісною питною водою населення Полтавської міської агломерації.

Результати дисертаційної роботи використані при виконанні здобувачем науково-дослідних робіт під час роботи у секторі підрахунку запасів питних підземних вод Українського науково-дослідного інституту природних газів (Довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження, Вихідний лист №262 від 01.09.2022 – Додаток 2). Також результати частково використовуються при викладанні здобувачем ряду дисциплін на кафедрі видобування нафти, газу та конденсату Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», а також у навчанні студентів кафедри гідрогеології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Ключові слова: водозабір, підземні води, бучацько-канівський водоносний комплекс, хімічний склад підземних вод, екологічна безпека, забруднення води, моніторинг, екологічний стан, геологічне середовище, природні та техногенні чинники, висхідне тепломасоперенесення флюїдів, тектонічні розломи, глибинна водна міграція, геохімічний фон, рекомендаційні заходи, перспективні ресурси.

ABSTRACT

Levoniuk S. M. The ecological-hydrogeological transformation of qualitative composition of buchak-kaniv aquifer groundwater in the central part of Dnipro-Donets artesian basin. – Qualification scholarly paper: a manuscript.

Thesis submitted for obtaining the Doctor of Philosophy scientific degree in Natural Sciences, Speciality 103 – Earth's Sciences. – V. N. Karazin Kharkiv National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2023.

The thesis is devoted to the solution of important scientific and practical problem of improving the ecological safety of drinking water supply in settlements within the Dnipro-Donets artesian basin (DDAB) by establishing the factors of ecological and hydrogeological transformation of qualitative composition of buchakaniv aquifer (BKA) drinking groundwater during 60 years period of water intakes operation (1960-2020).

The author found that at the investigated water intakes, the deterioration of groundwater quality occurs due to both an increase in the content of chemical elements of deep (mainly) and surface (episodically) genesis. It was determined that the prevailing factor in the groundwater chemical composition formation of BKA at the present stage is natural phenomena activated by the man-made component (expansion of the water intakes network and intensification of water withdrawal on them) and deep hydrogeomigratory processes (upward migration of unconditioned waters through tectonic faults associated with salt diapirs; upward and downward diffusion of mineralized pore fluids of water proofs to the BKA waters).

Characteristic indicators in the BKA water composition (Cl^- , F^- , Fe_{total} , Br^- , B^{3+} , J^- , total mineralization) were traced. A direct positive relationship (Pearson's correlation coefficients $r = 0.7-0.9$) was found between their content and the amount of total water withdrawal in the zone of tectonic faults influence associated with the Poltava salt diapir.

Dependencies were obtained that made it possible to justify the optimal total water withdrawal at Poltava water intakes: - to stabilize the content of characteristic indicators in the BKA waters composition within the eastern part of the city, where the most intense pollution of these waters is observed (up to 16 thousand m^3/day);

- to stabilize the content of characteristic indicators in the BKA waters composition only within the limits of other parts of the city, where less intense pollution of these waters is observed (up to 40 thousand m^3/day).

The study of natural mechanism of BKA drinking groundwater enrichment with F^- , which belongs to elements of the II hazard class, received further development. The strategically important ecological problem of region was solved – the key role of technogenic component (intensification of water withdrawal, expansion of water intakes network) in the existing tendency to increase the element content in the process of water intakes operation in the region was proved. The geological background content of F^- (about 2 mg/dm^3) at the beginning of active technogenesis period was determined. Territories with a content of F^- that is critical for the health of the population (from 4 to 8 mg/dm^3) have been identified, and the possibility of stabilizing its content in the aquifer waters has been proven in order to reduce the morbidity of the population in the research area.

The existing methodological base for assessing the drinking groundwater protection has been improved on basis of rational integration of various indicators characterizing the modern natural and man-made conditions of research area, and the selection of the most representative of them. Due to this, the zones of increased ecological danger of reduction in the BKA groundwater quality by elements of surface and deep genesis have been determined.

Complex systems of territory zoning based on the danger of changing the qualitative composition of waters have been developed using point assessment of these waters protection against two groups of pollutants. A methodical approach to the selection of promising areas for the construction of BKA new water intakes within the central part of DDAB has been developed. Estimated underground water resources with relatively high indicators of drinking quality are 54.5 thousand m^3/day , which increases the environmental safety of Poltava city agglomeration population.

Characteristic indicators of qualitative composition of BKA groundwater for systematic hydrogeochemical monitoring at water intakes are proposed. It is recommended to control their content on the basis of general (control of the entire complex of actual elements-pollutants in the zones of water intakes influence) and special (control of general mineralization, Cl^- , F^- , Fe_{total} , Br^- , B^{3+} , J^- at the

intersections of the zones of powerful water intakes influence with territories within a radius of 5 km around tectonic faults) monitoring works.

Criteria for assessing the contamination levels of BKA drinking groundwater at Eastern Ukraine water intakes have been developed for effective control of their content during monitoring in conditions of limited funding and increasing efficiency in making management decisions to improve the environmental safety of population drinking water supply.

Scientific novelty of obtained results. For the buchak-kaniv aquifer within the central part of Dniro-Donets artesian basin, regional regularities of drinking groundwater chemical composition formation under the conditions of long-term operation of water intakes (1960-2020) have been established, and the main prerequisites for ecological-hydrogeological transformation of their quality have been determined. Thanks to this, measures to improve the ecological safety of drinking water supply in the research region have been developed. The following scientific results were obtained for the studied territory:

for the first time:

– the linear dependence of content of characteristic indicators in the BKA waters composition (Cl^- , F^- , Fe_{total} , Br^- , B^{3+} , J^- , total mineralization) on the value of total water withdrawal in the zone of tectonic faults influence associated with Poltava salt diapir was established and a direct positive correlation between these parameters (Pearson correlation coefficients $r = 0.7-0.9$) was revealed. On the basis of this, optimal water withdrawal at Poltava water intakes is substantiated to improve the ecological safety of drinking water supply within the eastern (up to 16 thousand m^3/day) and other (up to 40 thousand m^3/day) parts of the city;

– complex systems of ecological and hydrogeological zoning of research area according to the danger of groundwater qualitative composition transformation were developed on the basis of protection point assessment of these waters from pollutants. Due to this, the zones of increased ecological danger of reduction in the quality of drinking groundwater by elements of surface and deep genesis were determined;

– characteristic indicators of groundwater qualitative composition at water intakes operated by BKA are scientifically based for systematic hydrogeochemical monitoring in conditions of pollutants filtration from the surface (control of entire complex of actual elements-pollutants in the zones affected by water intakes) and migration of substandard waters from below (control of general mineralization, Cl^- , F^- , Fe_{total} , Br^- , B^{3+} , J^- at the intersections of influence zones of powerful water intakes with territories within a radius of 5 km around tectonic faults);

received further development:

– the use of multifactorial analysis during ecological and hydrogeological mapping to select promising areas within the research area for placement of BKA new water intakes with the highest quality drinking water;

- study of natural mechanism of drinking groundwater enrichment with F^- , which belongs to elements of the II hazard class, and the role of man-made component in these processes to increase the ecological safety of drinking water supply.

Practical significance of obtained results. The criteria for assessing the levels of drinking groundwater contamination at the water intakes of Eastern Ukraine operated by BKA are proposed, using characteristic indicators of quality composition. This will increase the effectiveness of control over their content during systematic hydrogeochemical monitoring in conditions of limited funding, as well as increase efficiency in making management decisions to improve the environmental safety of population drinking water supply. Thanks to the approbation of this monitoring system for water quality at the water intakes network in the Poltava city, which is strategically important within the research region, the optimal water withdrawal at water intakes has been substantiated.

On the basis of multifactorial analysis, promising areas within the research territory for placement of new water intakes have been selected. Within the approval area (a territory within a radius of 40 km around the Poltava city), an estimate of reserve of high-quality underground water resources was made in the amount of

54.5 thousand m³/day, which will allow the population of Poltava urban agglomeration to be provided with high-quality drinking water.

The results of thesis were used by the author in the performance of scientific-research projects while working in the department of drinking groundwater calculating reserves of the Ukrainian Research Institute of Natural Gases (Note on the implementation of dissertation study results, Exit letter No. 262 dated 01.09.2022 – Appendix 2). Also, the results are partially used in teaching a number of disciplines at the Department of oil, gas and condensate production of National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", as well as in teaching students at Department of hydrogeology of V. N. Karazin Kharkiv National University.

Key words: water intake, groundwater, buchak-kaniv aquifer, chemical composition of groundwater, ecological safety, water pollution, monitoring, ecological condition, geological environment, natural and technogenic factors, ascending heat and mass transfer of fluids, tectonic faults, deep water migration, geochemical background, recommendation measures, prospective resources.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці в фахових виданнях України, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. **Левонюк С. М.,** Удалов І. В. Комплексна геоекологічна оцінка захищеності питних підземних вод. *Вісник Одеського національного університету. Серія «Географічні та геологічні науки».* 2018. Т. 23, вип. 2 (33). С. 111–133. – 0,955 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,62 д.а. – розроблена комплексна система районування території досліджень за ризиками трансформації якості підземних вод).

2. **Левонюк С. М.,** Удалов І. В. Еколого-гідрохімічні особливості трансформації якості питних підземних вод під впливом техногенних та неотектонічних факторів (на прикладі бучацько-канівських водозаборів Східної України). *Пошукова та екологічна геохімія.* 2018. № 1 (19). С. 30–40. – 0,455 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,25 д.а. – визначені особливості еколого-гідрогеохімічних умов бучацько-канівського водоносного комплексу у процесі довгострокової експлуатації, простежені характерні елементи-індикатори та їх критичні значення, які вказують на трансформацію складу вод).

3. **Levoniuk S. M.** Hydrogeochemical features of changes in the F⁻ content in the groundwater chemical composition of buchak-kaniv aquifer to increase the ecological safety of population drinking water supply. *Екологічні науки.* 2022. № 5 (44). С. 69–72.

4. **Левонюк С. М.,** Фик І. М. Гідрогеохімічний підхід до визначення флюїдопровідності тектонічних порушень. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* 2022. № 3 (84). С. 58–66. – 0,45 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,25 д.а. – розроблений методичний підхід до локалізації зон міграції глибинних некондиційних вод до вищезалягаючих водоносних комплексів, проведена апробація цього підходу на прикладі водозаборів Полтавської міської агломерації).

***Наукові праці в фахових виданнях України, в яких опубліковані
основні наукові результати дисертації, що входять до міжнародної
наукометричної бази Web of Science***

5. **Левонюк С. М.**, Шум Т. І., Прожога Н. П., Чернявська І. Б. Особливості підрахунку запасів питних підземних вод на об'єктах нафтогазової промисловості (на прикладі Тимофіївського, Машівського та Яблунівського родовищ). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2015. Вип. 43. С. 57–62. – 0,25 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,165 д.а. – визначена оптимальна методика підрахунку запасів питних підземних вод на екологічно небезпечних об'єктах та проведений аналіз гідрогеохімічних умов підземних вод даних територій).

6. **Левонюк С. М.** Гідрогеологічна захищеність бучацько-канівського водоносного комплексу центральної частини ДДАБ від можливого техногенного забруднення. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2017. Вип. 47. С. 191–198. – 0,33 д.а.

7. **Levoniuk S. M.**, Samoilov V. V., Udalov I. V., Petik V. O. Ecological and hydrogeological factors of qualitative composition destabilization of drinking groundwater within the central part of DDAB. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2019. Вип. 51. С. 207–220. – 0,58 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,33 д.а. – встановлені чинники погіршення якості питних підземних вод на водозаборах центральної частини ДДАБ, проведено апробацію розробленого підходу на водозаборах Полтавської міської агломерації).

8. **Levoniuk S. M.**, Udalov I. V. Vulnerability assessment of drinking groundwater of buchak-kaniv aquifer under the conditions of quality composition long-term transformation. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2022. Вип. 57. С. 17–27. – 0,455 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,25 д.а. – розроблена комплексна

система районування території досліджень за ризиками трансформації якості підземних вод, яка була апробована на водозаборах Східної України).

9. **Levoniuk S. M., Udalov I. V.** Development of measures to increase the ecological safety of drinking water supply for population of Eastern Ukraine due to the use of buchak-kaniv aquifer groundwater. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2022. № 4 (99). С. 80–84. – 0,25 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,15 д.а. – розроблено заходи для покращення екологічної безпеки питного водопостачання населення підземними водами буцацько-канівського водоносного комплексу у межах Східної України).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

10. Udalov I. V., **Levoniuk S. M.**, Samoilov V. V. The ecological and hydrogeological factors of destabilization of drinking groundwater quality within Eastern Ukraine and the measures for its environmentally safe use. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* : materials of XIII International Scientific Conference, 12-15 November 2019, Ukraine, Kyiv, 2019. P. 1–5. (Scopus) – 0,2 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,125 д.а. – визначені чинники дестабілізації якості підземних вод та розроблені заходи екологічно безпечного використання цих вод).

11. **Левонюк С. М.** Особливості підрахунку запасів питних підземних вод на об'єктах нафтогазової промисловості. *Актуальні проблеми гідрогеології* : матеріали II наукової конференції, 5-6 листопада 2015 р., Харків, 2015. С. 41–43. – 0,125 д.а.

12. **Левонюк С. М.** Зміни показнику захищеності підземних вод буцацько-канівського водоносного комплексу центральної частини ДДАБ. *Гідрогеологія: наука, освіта, практика* : матеріали IV наукової конференції з міжнародною участю, 1-3 листопада 2017 р., Харків, 2017. С. 54–57. – 0,165 д.а.

13. **Левонюк С. М.** Визначення параметрів оцінки гідрогеологічної захищеності підземних вод. *Актуальні питання наук про Землю: погляд молоді* :

матеріали Наукової конференції студентів і аспірантів, 6-7 квітня 2018 р., Харків, 2018. С. 18–20. – 0,125 д.а.

14. **Левонюк С. М.,** Удалов І. В. Геоекологічні критерії удосконалення методики оцінки ризику забруднення підземних вод. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції, 10-14 вересня 2018 р., Харків, 2018. С. 203–208. – 0,25 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,165 д.а. – розроблені та апробовані комплексні показники, які дозволяють визначити ступінь повної геоекологічної захищеності підземних вод від забруднення як техногенного, так і природного характерів).

15. **Левонюк С. М.,** Удалов І. В. Техногенний вплив на еколого-гідрогеологічні фактори захищеності питних підземних вод Східної України. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції, 8-12 жовтня 2018 р., Трускавець, 2018. Т. 2. С. 26–28. – 0,125 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,08 д.а. – досліджений вплив сучасного техногенезу на еколого-гідрогеологічні фактори захищеності підземних вод).

16. **Левонюк С. М.** Екологічні та гідрохімічні особливості процесів неотектонічного забруднення питних підземних вод. *Гідрогеологія: наука, освіта, практика* : матеріали V Наукової конференції з міжнародною участю, 14-15 листопада 2018 р., Харків, 2018. С. 31–33. – 0,125 д.а.

17. **Левонюк С. М.** Вплив трансформації якісного складу питних підземних вод на здоров'я населення у межах деяких міських агломерацій Східного регіону. *РЕГІОН-2019: суспільно-географічні аспекти* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців, 11-12 квітня 2019 р., Харків, 2019. С. 151–153. – 0,125 д.а.

18. **Левонюк С. М.** Обґрунтування виділення перспективних ділянок для розміщення нових бучацько-канівських водозаборів у межах Східної України. *Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні* : матеріали Наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та

рудоутворення імені М. П. Семененка, 14-16 травня 2019 р., Київ, 2019. Т. 2. С. 135–136. – 0,08 д.а.

19. **Levoniuk S. M., Udalov I. V.** The technogenic aspect in the processes of groundwater quality changes within the urban water intakes of Eastern Ukraine. *Географические аспекты устойчивого развития регионов : материалы III Международной научно-практической конференции, посвященная 50-летию геолого-географического факультета и кафедры геологии и географии, 23-25 мая 2019 г., Беларусь, Гомель, 2019. С. 417–420. – 0,165 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,125 д.а. – простежений геофоновий вміст F^- у підземних водах бучацько-канівського водоносного комплексу, визначені стадії розробки водозаборів м. Полтава на основі характеру техногенезу та зміни вмісту F^-).*

20. **Левонюк С. М., Удалов І. В.** Критерії оцінки рівнів забруднення підземних вод на бучацько-канівських водозаборах центральної частини ДДАБ. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції, 9-13 вересня 2019 р., Харків, 2019. С. 204–206. – 0,125 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,08 д.а. – розроблені критерії для оцінки рівнів забруднення підземних вод на водозаборах території досліджень при загальному та спеціальному рівнях моніторингових робіт).*

21. **Левонюк С. М.** Концептуальний підхід до вивчення трансформації якісного складу питних підземних вод центральної частини ДДАБ. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 7-11 жовтня 2019 р., Трускавець, 2019. Т. 2. С. 231–234. – 0,165 д.а.*

22. **Левонюк С. М., Кнюпа А. С.** Визначення зон міграції глибинних некондиційних вод за гідрогеохімічними показниками якісного складу питних підземних вод. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції, 13-17 вересня 2021 р., Харків, 2021. С. 123–128. – 0,25 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,165 д.а. – розроблений підхід до локалізації зон міграції глибинних некондиційних вод до вищезалягаючих водоносних комплексів).*

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

23. **Levoniuk S. M.**, Nimets N. M., Udalov I. V. Role of technogenic component in processes of groundwater composition transformation at buchak-kaniv water intakes in Eastern Ukraine (on example of F^- content). *Eastern European Scientific Journal*. 2019. № 2. P. 86–93. URL: <http://auris-verlag.net/314-2/> (дата звернення: 22.07.2023). – 0,33 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,21 д.а. – визначені чинники, які впливають на збільшення вмісту F^- у питних підземних водах у процесі експлуатації водозаборів, проведений кореляційний аналіз зв'язку зміни вмісту компоненту від величини водовідбору в зоні впливу тектонічних порушень, пов'язаних із Полтавським соляним діапіром).

24. Удалов І. В., **Левонюк С. М.** Трансформація якісного складу питних підземних вод центральної частини ДДАБ. *Геохімія техногенезу*. 2019. Вип. 2 (30). С. 46–55. – 0,41 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,25 д.а. – розроблений сучасний концептуальний підхід до вивчення еколого-гідрогеологічної трансформації якісного складу питних підземних вод буцацько-канівського водоносного комплексу центральної частини Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну).

25. **Левонюк С. М.**, Кнюпа А. С., Фик І. М. Методичний підхід до визначення флюїдопровідності розривних тектонічних порушень за гідрогеохімічними показниками якісного складу питних підземних вод. *Нафтогазова галузь України*. 2021. № 1 (49). С. 5–11. – 0,3 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,165 д.а. – розроблений підхід до локалізації зон міграції глибинних некондиційних вод до вищезалягаючих водоносних комплексів, проведена апробація цього підходу на прикладі водозаборів Полтавської міської агломерації).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	20
ВСТУП	21
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕНОСТІ ПРОБЛЕМАТИКИ	
РОБОТИ	29
1.1. Вивчення режиму та змін хімічного складу питних підземних вод	29
1.2. Вивчення геохімічних особливостей F^- у питних підземних водах	33
1.3. Вивчення шляхів міграції забруднювачів у питні підземні води та наявна методична база з оцінки захищеності (вразливості) цих вод	35
1.4. Наявна методологія вивчення питних підземних вод під впливом активного техногенезу та розроблені заходи з покращення екологічної безпеки питного водопостачання	41
Висновки до розділу 1	44
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ГЕОЛОГІЧНОЇ, ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ ТА	
ТЕКТОНІЧНОЇ БУДОВИ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Основні риси геологічної будови території	48
2.2. Основні риси гідрогеологічних умов території	57
2.3. Основні риси тектонічної будови території	71
Висновки до розділу 2	77
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГО-ГІДРОГЕОХІМІЧНИХ УМОВ	
БУЧАЦЬКО-КАНІВСЬКОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСУ	
3.1. Особливості еколого-гідрогеохімічних умов цільового водonoсного комплексу у процесі довгострокової експлуатації	82
3.1.1. Регіональні особливості еколого-гідрогеохімічних умов БКВК ...	82
3.1.2. Особливості еколого-гідрогеохімічних умов БКВК на типових водозаборах	89
3.2. Дослідження підвищеного вмісту Cl^- , F^- , $Fe_{заг.}$, Br^- , B^{3+} , J^- , загальної мінералізації у підземних водах на водозаборах, що експлуатують БКВК	113
3.2.1. Дослідження підвищеного вмісту F^- у підземних водах БКВК ...	118
Висновки до розділу 3	128

РОЗДІЛ 4. КОМПЛЕКСНІ СИСТЕМИ РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА СТУПЕНЕМ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗНИЖЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД	131
Висновки до розділу 4	155
РОЗДІЛ 5. РЕКОМЕНДАЦІЙНІ ЗАХОДИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ	157
5.1. Рекомендації при гідрогеохімічному моніторингу на діючих водозаборах, які облаштовані на БКВК	158
5.2. Обґрунтування виділення перспективних ділянок для розміщення нових водозаборів	162
5.3. Апробація заходів на прикладі мережі водозаборів м. Полтава	163
Висновки до розділу 5	173
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	176
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	179
ДОДАТОК 1 – Список опублікованих праць за темою дисертації	198
ДОДАТОК 2 – Довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження	204

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ДДАБ – Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн

ДДЗ – Дніпровсько-Донецька западина

БКВК – бучацько-канівський водоносний комплекс

СНВК – сеноман-нижньокрейдовий водоносний комплекс

МКВГ – мергельно-крейдовий водоносний горизонт

ГС – геологічне середовище

ГДК – гранично-допустима концентрація

ГРЕ – геологорозвідувальна експедиція

КП – казенне підприємство

ГІС – геоінформаційна система

ДНВП – Державне науково-виробниче підприємство

ДКЗ/ТКЗ – Державна комісія по запасах/Територіальна комісія по запасах

ЗАТ – закрите акціонерне товариство

рис. – рисунок

м. – місто

с. – село

р. – річка

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Створення умов надійної безпеки життя та діяльності людей у розрізі забезпечення населення високоякісними питними водами для України є однією із пріоритетних екологічних проблем. Особливо гострою вона є у межах східних регіонів країни, де під комплексним впливом значного техногенного навантаження на геологічне середовище (ГС) та природних чинників спостерігаються значні якісні та ресурсні зміни поверхневих та питних підземних вод.

Наразі питне водопостачання країни майже на 80% забезпечується використанням поверхневих вод. Водночас більшість водних об'єктів за ступенем забруднення віднесені до забруднених та дуже забруднених, а техногенне навантаження на них тільки збільшується.

Тому для підвищення екологічної безпеки питного водопостачання населення є дуже актуальним перехід на більш ширше використання підземних вод, як єдиного наразі джерела природно якісних питних вод.

Особливістю Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) є її складна тектонічна будова разом із сучасною геодинамічною активністю земної кори. При цьому характерним для урбанізованих ділянок регіону є суттєвий техногенний пресинг на підземні води за рахунок інтенсифікації водовідбору та розширення мережі водозаборів. Тому вельми актуальним є розробка комплексного еколого-гідрогеологічного підходу до вивчення змін якісного складу питних підземних вод саме у даних природних і техногенних умовах.

Одним із головних джерел питного водозабезпечення населених пунктів тут є води бучацько-канівського водоносного комплексу (БКВК), які історично відзначалися високою питною якістю та стабільним хімічним складом. Однак БКВК є локально вразливим до забруднення як техногенного, так і природного характерів. На фоні сучасного техногенезу та природних процесів хімічний склад цих підземних вод в останній час зазнає значних змін. Наразі дані води

частково або повністю не придатні для питних цілей на близько 20 потужних міських водозаборах регіону.

Вищенаведені особливості обумовлюють необхідність проведення здобувачем комплексу геоекологічних досліджень, спрямованих на пошук та розробку оптимальних форм управління екологічною безпекою питного водопостачання регіону робіт у сучасних геологічних та техногенних умовах.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є встановлення чинників еколого-гідрогеологічної трансформації якісного складу підземних вод БКВК на водозаборах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну (ДДАБ) для підвищення екологічної безпеки питного водопостачання регіону робіт.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити наступні задачі:

1) простежити просторово-часові зміни хімічного складу підземних вод у залежності від величини водовідбору в зонах комплексного впливу тектонічних порушень, пов'язаних із соляними діапірами, та активного техногенезу;

2) удосконалити наявну методичну базу із оцінки захищеності (вразливості) питних підземних вод на базі раціонального комплексування показників, що характеризують техногенні та геологічні умови даного регіону;

3) розробити системи еколого-гідрогеологічного районування території досліджень за небезпекою трансформації якості підземних вод та визначити зони підвищеної екологічної небезпеки зниження якості питних підземних вод елементами поверхневого та глибинного генезису;

4) виділити характерні показники хімічного складу підземних вод для систематичного гідрогеохімічного моніторингу у даних техногенних та геологічних умовах;

5) обґрунтувати методичний підхід при еколого-гідрогеологічному картуванні для виділення перспективних ділянок з високою якістю питних підземних вод БКВК у межах території робіт для закладання нових водозаборів, кількісно оцінити прогностичні ресурси підземних вод у межах території апробації.

Об'єктом дослідження є хімічний склад питних підземних вод БКВК у межах ДДАБ.

Предметом дослідження є техногенні зміни хімічного складу питних підземних вод БКВК у процесі довгострокової експлуатації водозаборів.

Методи дослідження. У роботі використано такі методи отримання, обробки та інтерпретації необхідних еколого-гідрогеологічних даних: польові, хіміко-аналітичні, порівняльні, графо-аналітичні. Крім цього, для обробки інформації застосовувався ряд загальнонаукових методів досліджень – аналіз, синтез, систематизація, класифікація. Для систематизації різнопланових показників та вибору найбільш репрезентативних із них використано раціональне комплексування. Також використовувалися спеціальні методи – геологічні, гідрогеологічні та екологічні (балансовий метод оцінки ресурсів підземних вод, методи оцінки захищеності (вразливості) підземних вод та ін.). При обробці отриманого значного масиву даних використовувалися математико-статистичні методи (кореляційний аналіз). При моделюванні змін гідрогеохімічних особливостей підземних вод використовувалися геоінформаційні методи (інтерполяції та аналогій) з використанням програми MapInfo Professional 10.0.

Фактичний матеріал і достовірність наукових результатів. Дослідження здобувача базуються на фактичних матеріалах, зібраних і проаналізованих ним особисто під час виконання науково-дослідних робіт, а також даних, отриманих Кременчуцькою та Харківською ГРЕ КП «Південукргеологія» та зібраних здобувачем у фондах ДНВП «Геоінформ України». Автором досліджено результати близько 1000 загальних хімічних аналізів проб підземних вод цільового комплексу із свердловин у межах регіону робіт за 60-ти річний період часу (1960-2020 рр.). Особливу увагу було приділено дослідженню результатів по близько 100 експлуатаційних свердловинах 6 мереж потужних водозаборів. Також проаналізовано результати буріння понад 450 свердловин регіону, пробурених на БКВК, та понад 500 – на вищезалягаючі комплекси, а також близько 500 замірів п'єзометричних рівнів сусідніх цільового та першого міжпластового комплексів за 60-річний період часу.

Також здобувачем зібрана та проаналізована інформація геоекологічного характеру – дані про техногенне навантаження на підземні води території (водовідбір на потужних водозаборах, рівневий режим експлуатаційних водоносних комплексів, наявність існуючих і потенційних джерел виснаження й забруднення підземних вод та характер їх розташування та ін.). Окремо використані наявні сучасні дані неотектонічних умов території досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів. Для бучацько-канівського водоносного комплексу у межах центральної частини Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну встановлено регіональні закономірності формування хімічного складу питних підземних вод в умовах тривалої експлуатації водозаборів (1960-2020 рр.) та визначено основні передумови еколого-гідрогеологічної трансформації їх якості. Завдяки цьому розроблено заходи для підвищення екологічної безпеки питного водопостачання регіону робіт. Для досліджуваної території отримано наступні наукові результати:

вперше:

– встановлено лінійну залежність вмісту характерних показників у складі вод БКВК (Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , V^{3+} , J , загальна мінералізація) від величини загального водовідбору в зоні впливу тектонічних порушень, пов'язаних із Полтавським соляним діапіром та виявлено пряму позитивну кореляцію між цими параметрами (коефіцієнти кореляції Пірсона $r = 0,7-0,9$). На базі цього обґрунтовано оптимальний водовідбір на Полтавських водозаборах для покращення екологічної безпеки питного водопостачання у межах східної (до 16 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$) та інших (до 40 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$) частин міста;

– розроблено комплексні системи еколого-гідрогеологічного районування території досліджень за небезпекою трансформації якісного складу підземних вод на основі бальної оцінки захищеності цих вод від забруднювачів. Визначено зони підвищеної екологічної небезпеки зниження якості питних підземних вод елементами поверхневого та глибинного генезису;

– науково обґрунтовано характерні показники якісного складу підземних вод на водозаборах, що експлуатують БКВК, для систематичного

гідрогеохімічного моніторингу в умовах фільтрації забруднюючих речовин з поверхні (контроль всього комплексу фактичних елементів-забруднювачів у зонах впливу водозаборів) та міграції некондиційних вод знизу (контроль загальної мінералізації, Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , B^{3+} , J^- на ділянках перетину зон впливу потужних водозаборів із територіями у радіусі 5 км навколо тектонічних порушень);

отримало подальший розвиток:

– використання багатofакторного аналізу при еколого-гідрогеологічному картуванні для виділення перспективних ділянок у межах території досліджень для розміщення нових водозаборів на БКВК з найбільш якісними водами питної якості;

– вивчення природного механізму збагачення питних підземних вод F^- -ом, який відноситься до елементів II класу небезпеки, та ролі техногенної складової в даних процесах для підвищення екологічної безпеки питного водопостачання.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано критерії оцінки рівнів забруднення питних підземних вод на водозаборах Східної України, що експлуатують БКВК, з використанням характерних показників якісного складу. Це підвищить ефективність контролю за їх вмістом при систематичному гідрогеохімічному моніторингу в умовах обмеженого фінансування, а також збільшить оперативність при прийнятті управлінських рішень з покращення екологічної безпеки питного водопостачання населення. Завдяки апробації даної системи моніторингу за якістю вод на мережі водозаборів м. Полтава, яка є стратегічно важливою у межах регіону досліджень, обґрунтовано оптимальний водовідбір на водозаборах.

На основі багатofакторного аналізу виділено перспективні ділянки у межах території робіт для розміщення нових водозаборів. У межах ділянки апробації (територія у радіусі 40 км навколо м. Полтава) виконано оцінку резерву прогнозних ресурсів підземних вод високої якості у кількості 54,5 тис. м^3 /добу, що дозволить забезпечити високоякісною питною водою населення Полтавської міської агломерації.

Результати дисертаційної роботи використані при виконанні здобувачем науково-дослідних робіт під час роботи у секторі підрахунку запасів питних підземних вод Українського науково-дослідного інституту природних газів (Довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження, Вихідний лист №262 від 01.09.2022 – Додаток 2). Також результати частково використовуються при викладанні здобувачем ряду дисциплін на кафедрі видобування нафти, газу та конденсату Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», а також у навчанні студентів кафедри гідрогеології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Особистий внесок здобувача. Автор безпосередньо приймав участь у виконанні всіх етапів проведення наукових досліджень. Проаналізовано літературні джерела за темою роботи, виконано постановку мети і завдань, отримано й оброблено результати досліджень, сформульовано основні положення роботи і висновки.

Усі наукові та практичні результати, що наведені в дисертації, отримані особисто автором. Автором безпосередньо розроблено комплексні системи районування території досліджень за ризиками трансформації якості підземних вод; розраховано прогнозні ресурси підземних вод; виділено характерні показники хімічного складу вод; розроблено заходи з покращення екологічної безпеки питного водопостачання регіону робіт.

Внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні, методологічні та практичні результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та отримали позитивну оцінку на наступних всеукраїнських, міжнародних та закордонних науково-практичних конференціях: II, IV, V Наукові конференції з міжнародною участю «Гідрогеологія: наука, освіта, практика», м. Харків, Україна, 2015 р., 2017 р., 2018 р.; Наукова конференція студентів і аспірантів «Актуальні питання наук про Землю: погляд молоді», м. Харків, Україна, 2018 р.; XIV, XV, XVII Міжнародні науково-практичні конференції

«Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення», м. Харків, Україна, 2018 р., 2019 р., 2021 р.; V, VI Міжнародні науково-практичні конференції «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування», м. Трускавець, Україна, 2018 р., 2019 р.; Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «РЕГІОН-2019: суспільно-географічні аспекти», м. Харків, Україна, 2019 р.; Наукова конференція, присвячена 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка «Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні», м. Київ, Україна, 2019 р.; III Міжнародна науково-практична конференція «Географические аспекты устойчивого развития регионов», м. Гомель, Білорусь, 2019 г.; XIII International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment», Kyiv, Ukraine, 2019.

Дисертаційна робота пов'язана з напрямками науково-дослідних робіт, у виконанні яких безпосередню участь приймав здобувач під час роботи у секторі підрахунку запасів питних підземних вод Українського науково-дослідного інституту природних газів («Геолого-економічна оцінка запасів питних підземних вод з техніко-економічним обґрунтуванням видобутку їх в межах Машівської, Яблунівської, Тимофіївської ділянок та ділянки водозабору ТЦСК» №№ ДР У-14-255/1, У-13-34/1, У-13-38/1, У-13-39/1 *(відповідальний виконавець)*), «Проект на проведення геологічного вивчення з дослідно-промисловою розробкою ділянки УКПГ-3 Хрестищенського родовища питних підземних вод» *(виконавець)*), «Корективи проекту розробки Юліївського родовища питних підземних вод» *(відповідальний виконавець)*), «Проект зони санітарної охорони Юліївського родовища питних підземних вод» *(виконавець)*), «Проведення геологічних вишукувань в районі розташування ШВПГКН для визначення місця облаштування свердловин з метою забезпечення водою установок ШВПГКН» *(відповідальний виконавець)* – усього 15 науково-дослідних робіт) (Довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження, Вихідний лист №262 від 01.09.2022 – Додаток 2).

Публікації. За темою дисертації опубліковано **25** наукових праць, з яких **9** статей у наукових фахових виданнях України (у т. ч. **5** – що входять до міжнародної наукометричної бази Web of Science), **13** праць, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації (тези доповідей у збірниках матеріалів закордонних, міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій) та **3** праці, які додатково відображають наукові результати дисертації.

Структура та обсяг дисертації. Робота складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 170 найменуваннями на 19 сторінках, 2 додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи – 204 сторінки (8,4 д.а.) комп'ютерного тексту, з яких основний текст – 161 сторінка (6,7 д.а.). Дисертація містить 28 таблиць, 40 рисунків.

Подяки. Автор щиро вдячний доктору геолого-мінералогічних наук, професору А. Й. Лур'є, доктору геолого-мінералогічних наук, професору В. Г. Суярко, а також колегам із Українського науково-дослідного інституту природних газів за поради та консультації при виконанні роботи. Особливу подяку автор висловлює науковому керівнику доктору геологічних наук, професору І. В. Удалову за постійну підтримку та консультації при виконанні роботи.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕНОСТІ ПРОБЛЕМАТИКИ РОБОТИ

1.1. Вивчення режиму та змін хімічного складу питних підземних вод

Питаннями, пов'язаними із вивченням режиму та змін хімічного складу питних підземних вод в природних і техногенно порушених умовах, впливу техногенезу на формування якісного складу цих вод, у різний час та різних регіонах світу займалися багато науковців. Автором детально проаналізовано вітчизняні та зарубіжні наукові праці еколого-гідрогеологічної направленості.

Серед вітчизняних дослідників це: О. О. Алекін (1970), М. М. Біндеман (1960, 1970), Б. В. Боревський (1971, 1976, 1986), Ю. С. Бут (1970, 1975, 1987), К. Н. Варава (1970, 1977), В. М. Гольдберг (1976), М. І. Дробноход (1982, 1987-1989), Г. М. Захарченко (1962), С. Р. Крайнов (1980), А. Й. Лур'є (2018, 2021), Г. Г. Лютий (2011), В. І. Лялько (1977), Б. М. Мандрик (1981), А. М. Овчиніков (1972), М. С. Огняник (1983, 1985), К. Є. Пітьєва (1978, 1999), В. М. Прибилова (2011, 2013, 2015, 2017), І. К. Решетов (1968, 1987, 2002, 2012), Ф. А. Руденко (1975), Г. І. Рудько (2006, 2010), А. А. Сухорєбрий (1986), В. Г. Суярко (1996, 2006, 2022), В. О. Терещенко (2001, 2006), І. В. Удалов (2016, 2017), В. М. Шестопапов (1988, 1991, 2014), Л. С. Язвін (1983), В. В. Яковлєв (2012, 2015), Є. О. Яковлєв (1996, 2001) та інші. Подібними питаннями серед науковців далекого зарубіжжя займалися: N. Aksoy (2009), J. Chilton (2006), G. Howard (2006), J. L. Nieber (2001), O. Schmoll (2006), A. Zaporozeц (2002) та деякі інші.

Згідно наведених робіт, на якість підземних вод у межах водозаборів можуть здійснювати вплив забруднюючі компоненти як техногенного (передусім, поверхневого), так і природного (глибинного) характерів. Зонами міграції останніх до цільових водоносних комплексів виступають, головним чином, розривні тектонічні порушення.

У роботах Шестопапова В. М., Бабинця А. Є. та ін. [2, 111] досліджено формування експлуатаційних ресурсів питних підземних вод регіонів України.

Варава К. Н. зі співавторами [8] встановив основні чинники, які впливають на формування підземних вод безпосередньо Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну.

Яковлев В. В. у своїх роботах [117, 118 та ін.] досліджував просторово-часові закономірності змін якісного складу та гідродинамічного режиму підземних вод експлуатаційних водоносних комплексів Східної України для їх прогнозування на водозаборах регіону.

Вищенаведені публікації узагальнюють результати регіональних еколого-гідрогеологічних досліджень підземної гідросфери (у тому числі й БКВК) даної та суміжних територій. Але при цьому визначено лише регіональні закономірності гідрогеохімічного та гідрогеодинамічного режимів питних підземних вод, які не відображають ряд природних та техногенних особливостей даного регіону. А саме: поява не врахованих факторів впливу на якість підземних вод зі збільшенням техногенезу ГС та урбанізації регіону, а також із активізацією не повністю досліджених гідрогеоміграційних процесів у межах тектонічних структур.

Далі наводиться блок робіт, у яких досліджувалися природні глибинні чинники зниження якості питних підземних вод.

Суярко В. Г. у роботах [97, 98] займався дослідженнями формування гідрогеохімічних аномалій підземних вод глибинного походження у межах Східної України та їх зв'язок з тектонічними структурами.

Роботи Кухар М. В. [45] направлені на дослідження галогенів (F^- , Cl^- , Br^- , I^-) у підземних водах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Так, їх підвищений вміст вказує на вплив глибинних чинників (міграція крізь тектонічні порушення). Були визначені характерні інтервали значень гідрогеохімічних показників. При вмісту Br^- 1-2 мг/дм³ і більше та Cl^- 500-600 мг/дм³ і більше в підземних водах комплексу вирішальну роль грає показник активності тектонічних порушень.

Роботи Сердюкової О. О. та ін. [92, 99] направлені на дослідження вмісту F^- у питних підземних водах Донбасу. Серед причин їх підвищеного вмісту зазначається тектонічний фактор регіону.

У монографії Решетова І. К. зі співавторами [89] розглядаються питання гідрогеологічних особливостей малих артезіанських басейнів Північно-Західного Донбасу. При дослідженні гідрогеохімічних особливостей підземних вод регіону, автори пов'язують підвищений вміст у підземних водах зони активного водообміну Br^- , B^{3+} , I^- , F^- , який спостерігається у водах хлоридно-натрієвого складу, із глибинними процесами, а саме – за рахунок вилуговування їх із соленосних порід та міграції крізь тектонічні порушення.

У роботах Яковлева В. В. [117, 118] та Прибилової В. М. [85] наводиться оцінка якісного складу питних підземних вод сеноман-нижньокрейдового, мергельно-крейдового та, частково, бучацько-канівського водоносних комплексів на території Харківської області. Дослідники приходять до висновку, що на формування хімічного складу вод мають значний вплив глибинні солоні води у місцях їх розвантаження у цільові водоносні комплекси. У районах тектонічних структур наявні підвищені значення сухого залишку та вмісту Cl^- із характерними мікрокомпонентами (Br^- та деякі ін.).

У роботах Удалова І. В. та Кононенко А. В. [39] розкривається тема процесів зниження якості питних підземних вод крейдяних водозаборів Східної України. Поряд із поверхневим забрудненням водоносного комплексу, на деяких водозаборах наявний процес підтоку некондиційних глибинних вод через розривні тектонічні порушення. Також був зроблений висновок про наявність активного зв'язку між даним процесом та інтенсифікацією водовідбору на водозаборах.

Серед зарубіжних робіт останніх років, які пов'язані з дослідженням природних глибинних чинників зниження якості питних підземних вод, виділяються дослідження N. Aksoy [126], A. Zaporozec [169], J. L. Nieber [154], O. Schmoll, G. Howard, J. Chilton і I. Chorus [161] та ін. [140 та ін.].

Згідно вищенаведених робіт, на якість підземних вод у межах водозаборів можуть здійснювати вплив забруднюючі компоненти як поверхневого, так і глибинного генезису. Зонами міграції останніх до цільових водоносних комплексів виступають розривні тектонічні порушення.

На думку здобувача, постійний техногенний пресинг на питні підземні води регіону досліджень потребує подальшого вивчення трансформації їх якості під впливом тектонічних факторів. Особливу важливість має визначення характеру зв'язку техногенезу зі змінами складу підземних вод, спричинених дією цих чинників. Є необхідним визначити екологічні та геологічні передумови активізації цього зв'язку.

Необхідно також відзначити велику кількість досліджень, проведених у межах території робіт у 1950-1980-х роках співробітниками Кременчуцької та Харківської ГРЕ КП «Південукргеологія» [17, 32, 33, 80, 81 та ін.]. Роботи мали практично-прикладну направленість та проводилися у рамках проектування потужних водозаборів для стабільного водозабезпечення питними підземними водами населення та різних сфер народного господарства. У результаті були розвідані та підраховані значні запаси підземних вод БКВК у межах урбанізованих територій, оцінена поточна якість цих вод та надані прогнози на майбутнє з урахуванням встановлених факторів впливу на їх якісний склад. Але в результаті сумісного впливу сучасного техногенного навантаження на ГС та не врахованих геолого-тектонічних умов даної території їх позитивні прогнози якісного складу вод у процесі довгострокової експлуатації водозаборів не підтвердилися.

Найбільш детально у межах Східної України досліджувався мергельно-крейдовий водоносний горизонт (МКВГ), так як він є основним джерелом питного водопостачання у Луганській та більшій частині Харківської областей. Заслуговують увагу сучасні роботи Решетова І. К., Чомка Д. Ф., Яковлева В. В., Удалова І. В., Кононенко А. В. та ін. [38, 39, 89, 105]. Згідно них, еколого-гідрогеологічні умови даного горизонту мають значні відмінності від буцацько-канівського комплексу:

- незначні глибини залягання водовмісних порід (аж до їх виходу на денну поверхню);
- тісний гідравлічний зв'язок вод горизонту із поверхневими водами (особливо у долинах р. Сіверський Донець);
- слабка захищеність МКВГ від поверхневого забруднення із-за відсутності регіонально витриманого надійного водотриву у його покрівлі;
- як наслідок – превалюючими факторами забруднення МКВГ є суто техногенні чинники (вплив промислових, сільськогосподарських та побутових забруднювачів, «мокра» консервація вугільних шахт Донбасу та ін.);
- природні чинники погіршення якості цих вод (міграція глибинних некондиційних вод у місцях їх розвантаження) мають опосередковане значення на фоні загальних гідрогеохімічних трендів складу вод горизонту.

1.2. Вивчення геохімічних особливостей F^- у питних підземних водах

Вивчення геохімічних особливостей F^- , як показнику II класу небезпеки [16], у природних водах та можливих причин збагачення елементом підземних вод присвячено роботи багатьох українських та закордонних дослідників: Е. Я. Жовинський (1979, 2003), Н. О. Крюченко (2003, 2013), І. В. Кураєва (1987, 2001), М. В. Кухар (2013), О. О. Сердюкова (2013, 2022), В. Г. Суярко (2006, 2010, 2022), В. В. Яковлев (2009), М. Amini (2008), Т. Chernet (2001), В. M. Hallett (2015), N. Janardhana Raju (2017), D. Li (2018), T. Rafique (2009), D. V. Reddy (2010).

Серед робіт останніх років виділяються наступні дослідження.

У роботах Е. Я. Жовинського [24, 25] досліджувалася геохімія F^- у підземних водах Полтавської області. Встановлено, що у біогеохімічному відношенні найбільш активними є гідрокарбонатно-хлоридно-натрієво-магнієві безкальцієві води, які містять даний компонент у вигляді аніону F^- -98,21 %.

Н. О. Крюченко, М. В. Кухар [45] вивчали геохімію галогенів (у т.ч. F^-) у підземних водах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Простежені геохімічні залежності основних показників якісного складу вод та вмісту F^- .

Вказані можливі джерела надходження компонента до вод БКВК. Для БКВК характерний високий вміст F^- , головне джерело якого – збагачений фосфоритами шар, що залягає в підшві кївських мергелів та верхній частині БКВК. При вмісту F^- в підземних водах комплексу до 3-4 мг/дм³ вирішальну роль грає лише показник активності фактору фосфоритового шару, при вмісті від 4-5 до 7 і більше мг/дм³ – показник активності як фосфоритового шару, так і тектонічних порушень.

У роботах В. Г. Суярко, О. О. Сердюкової та ін. [92, 97-99] розглянуті гідрогеохімічні особливості F^- у підземних водах Донбасу. Вказані природні та антропогенні джерела його надходження у підземну гідросферу. Також досліджувалися деякі аспекти впливу F^- на формування осередків неінфекційних захворювань населення регіону.

В. В. Яковлев досліджував особливості вмісту F^- на деяких водозаборах Східної України [120]. Доведено, що джерелом компонента у підземних водах є фосфоритовий шар, який залягає у колекторах міжпластових водоносних комплексів. Також показано, що існує зв'язок між інтенсивністю водовідбору на потужних водозаборах та зміною вмісту F^- у воді.

Загальний опис стану проблеми вивченості геохімії F^- в підземних водах у різних країнах світу наведений у роботах М. Аміні зі співавторами [129, 137]. Кількість людей у світі, які залежать від питної підземної води, яка містить концентрації F^- , що перевищує норму Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) [21], оцінюється в 200 мільйонів.

Локальним проблемам підвищеного вмісту F^- у підземних водах присвячені роботи Т. Chernet, D. V. Reddy, В. М. Hallett, Т. Rafique, D. Li та ін. [134, 141, 150, 158, 160 та ін.]. Дослідження проводилися в Ефіопії, Індії, Шрі-Ланці, Пакистані, Китаї та деяких інших країнах, де дані екологічні проблеми мають загрозливий характер.

Науковцями проводилося геохімічне моделювання механізму збагачення підземних вод F^- із водомістких гірських порід/мінералів. Отримані результати свідчать про те, що концентрація елемента переважно збільшується при

високому вивітрюванню мінералів та порід, що містять F^- , лужних гідрогеологічних умовах, високій температурі, підвищеному вмісту солей (TDS), Na^+ , рН та високому коефіцієнту абсорбції (SAR). Також важливими є характер рівноваги розчинення флюориту, інтенсивність випаровування, катіонний обмін, конкурентна адсорбція та деякі інші процеси. До одного із головних факторів активізації вищенаведених процесів автори відносять розвантаження глибинних високомінералізованих хлоридно-натрієвих вод у питні підземні води та спричинені цим подальші геохімічні перетворення в природній системі «розчин-порода» [134, 141, 150, 158, 160].

Як висновок, більшість дослідників вважає, що проблема підвищеного вмісту F^- у водах БКВК Східної України має суто природний характер. Науковці виділяють 3 чинники. По-перше, це літологічний склад водомістких та вищезалягаючих порід [25, 120 та ін.]. По-друге, геохімічні передумови до інтенсифікації розчинності твердої фази в природній системі «розчин-порода» внаслідок зміни хімічного складу вод під впливом природних (глибинних) чинників [25, 120, 134, 141]. По-третє, можлива додаткова міграція елементу суто глибинного походження [45, 160 та ін.].

Техногенний аспект та динаміка змін вмісту компоненту при цьому дослідженні слабо. Для розробки комплексних систем екологічної безпеки експлуатації питних підземних вод є необхідним проаналізувати динаміку погіршення якості вод за рахунок збільшення вмісту F^- та роль техногенезу у цьому процесі.

1.3. Вивчення шляхів міграції забруднювачів у питні підземні води та наявна методична база з оцінки захищеності (вразливості) цих вод

Важливими роботами, у яких досліджувалися шляхи міграції забруднювачів природного та техногенного генезису у підземні води є роботи вітчизняних та зарубіжних дослідників А. С. Богуславського (2007), В. Н. Бубляся (2007), В. М. Гольдберга (1983, 1987), С. М. Єлохіної (1983), Т. В. Ємчук (2011), І. С. Зекцера (2004), А. В. Кононенко (2017),

О. Є. Кошлякова (2014), В. А. Мироненко (1990), М. С. Огняника (2001, 2013), Н. П. Осокіної (2016), О. А. Остроух (2013), Л. М. Рогачевської (2002), Н. В. Роговської (1976), Д. Ф. Чомко (2000), В. М. Шестопалова (2007), М. Civita (2004), М. De Maio (2004), S. S. D. Foster (1987), J. Margat (1968, 1970), M. Olmer (1974), В. Rezac (1974), М. Vrana (1968), J. Vrba (1994), А. Zaporozec (1994) та інших.

Завдяки цим дослідженням була розроблена сучасна методична база з оцінки захищеності (вразливості) підземних вод, розроблена класифікація гідрогеологічних «вікон» для різних техногенних та геологічних умов, визначені вертикальні та латеральні шляхи міграції забруднюючих речовин до питних підземних вод та ін.

У вітчизняній літературі по дослідженню забруднення підземних вод традиційно вживалося поняття «захищеність підземних вод», запропоноване в 1976 р. Н. В. Роговською [91]. Дане поняття було уточнене з геофільтраційних позицій В. М. Гольдбергом [14].

Науковці далекого зарубіжжя застосовують протилежне за значенням поняття «вразливість підземних вод до забруднення», введене французьким гідрогеологом J. Margat в 1968 р. [152]. Проблемі її оцінки присвячується значна кількість робіт дослідників, серед яких: М. Vrana, М. Olmer, В. Rezac, G. В. Engelen, L. J. Andersen, E. Gosk, В. Marcolongo, L. Pretto, S. S. D. Foster, D. С. Rundquist, G. Murray, J. Vrba, А. Zaporozec, P. Magiera, М. Civita, М. De Maio та інші.

Сучасна методична база з оцінки захищеності (вразливості) достатньо широка та різноманітна. Далі наведений аналіз найбільш вживаних з існуючих методів, з урахуванням еколого-гідрогеологічних чинників захищеності (вразливості).

Метод гідрогеологічного районування. Заснований на районуванні досліджуваної території за гідрогеологічними умовами, рельєфом, потужністю та літологією порід зони аерації і т. п.

Застосовувався у зарубіжних роботах М. Albinet та ін. [127], М. Vrana [166], М. Olmer та ін. [156], О. Sililo та ін. [162], D. Ball та ін. [131]. Серед вітчизняних робіт виділяється дослідження групи науковців на чолі з академіком НАН України В. М. Шестоपालовим [110].

До *плюсів методу* здобувачем віднесено:

- універсальність, яка проявляється у можливості вибору геоecологічних параметрів, які необхідні саме для заданих гідрогеологічних умов досліджуваної території;

- можливість врахування як літолого-фільтраційного фактору, так і змін інтенсивності техногенного навантаження на ГС;

- зрозумілість та нескладність у використанні при наявності потужних ГІС-систем.

Виявлені *слабкі сторони методу*:

- необхідна наявність дуже значного об'єму актуальних геологічних та гідрогеологічних даних по регіону досліджень, які наразі дуже важко знайти;

- у разі нестачі необхідних даних – метод може мати значну погрішність.

Індексно-рейтингові методи. В основі методів лежить система оцінювання та картування вразливості (захищеності) підземних вод на основі простих алгоритмів комплексування параметрів захисної здатності ГС і гідрогеологічних умов регіону.

Розроблені та використані зарубіжними та вітчизняними науковцями L. Aller та ін. [128], I. С.Зекцером та ін. [29], М. Civita та ін. [135], S. Foster [138], А. Zaporozec [140], Т. В. Ємчук у межах Чернівецької області, Україна [20].

До *плюсів методів* слід віднести наступне:

- оперативність при оцінці ризику забруднення підземних вод;

- універсальність методів, яка проявляється у можливості вибору геоecологічних параметрів, які необхідні саме для заданих гідрогеологічних умов регіону досліджень;

- методи дають можливість враховувати літолого-фільтраційний фактор захищеності (вразливості), а також зміни інтенсивності техногенного навантаження на ГС досліджуваної території;

- зрозумілість та нескладність у використанні при наявності потужних ГС-систем.

Мінуси методів:

- наявність значного суб'єктивного фактору у визначенні рейтингових шкал оцінки;

- як наслідок з попереднього – методи можуть мати суттєву погрішність.

Параметричні методи. Найбільш вживаною серед вітчизняних науковців є система оцінки захищеності підземних вод В. М. Гольдберга [12]. В її основі – 4 базові показники зони аерації: 1) потужність; 2) літологічний склад порід; 3) потужність слабопроникних відкладів; 4) фільтраційні властивості порід і, насамперед, слабопроникних відкладів. При оцінці напірного водоносного комплексу також враховується різниця рівнів цільового та вищезалягаючого комплексів. Подальший розвиток методи отримали в роботах В. А. Мироненко та В. Р. Руминіна [68], В. С. Пашковського [76], К. Є. Питьєвої [77] та ін.

Також у багатьох суміжних роботах використовувалася дана система оцінки та її модифікації (О. А. Остроух [75], О. Є. Кошляков [43], Г. С. Міхневич [69], О. М. Шпак [112], О. В. Щербак [114], Л. М. Рогачевська [90]). Серед сучасних закордонних параметричних методів виділяється метод АVI, розроблений D. Van Stempvoort, L. Ewert і L. Wassenaar в Канаді [165].

Плюсом методів є їх універсальність та пристосованість до різних геолого-гідрогеологічних умов території.

Мінуси методів:

- методи недостатньо враховують інтенсивність техногенного навантаження на територію та її зміни;

- достатньо слабе врахування літолого-фільтраційного фактору оцінки, а саме – фільтраційних відмінностей у розрізі по території;

- як наслідок попередніх недоліків – наявність суттєвої погрішності методів.

Методи оцінки захищеності і вразливості підземних вод з використанням моделювання. Методи математичного моделювання базуються на врахуванні трьох основних фізичних процесів, що визначають перенесення забруднювача: адвекції, поперечної і поздовжньої дисперсії та сорбції.

Даний метод використовувався у зарубіжних роботах R. Zhang та ін. [170], K. Loague та ін. [151], О. А. Потапова [84], а також ін. Серед вітчизняних дослідників необхідно виділити роботи В. М. Шестопалова та ін. [110].

Виявлені плюси методів:

- мінімальна погрішність, яка забезпечується використанням значного об'єму екологічної й гідрогеологічної інформації та потужних ГІС-систем;
- врахування літолого-фільтраційного фактору оцінки;
- гнучкість оцінки, яка пов'язана із відсутністю прив'язки до конкретної території, а також більшій надійності прогнозу при врахуванні інтенсивності техногенного навантаження та її змін.

До мінусів методів слід віднести наступне:

- при оцінці захищеності (вразливості) у межах значних територій методи стають перевантажені великим об'ємом еколого-гідрогеологічної інформації, вони стають досить трудомісткими та витратними;
- наразі проблемою для всієї України є відсутність у достатній кількості актуальної еколого-гідрогеологічної інформації та її оперативної обробки. А тому ще одним недоліком методів є важкість, а подекуди – і неможливість, у знаходженні необхідного об'єму даних для досліджень;
- як наслідок попередніх недоліків – при проведенні робіт втрачаються такі важливі фактори, як оперативність оцінки та швидкість прийняття управлінських рішень на їх основі.

Тобто, як висновок, використання параметричних методів дає тільки попередню, приблизну оцінку захищеності (вразливості) території. Вони не підходять для детальних досліджень, так як мають суттєву погрішність.

Методи оцінки з використанням моделювання найбільш ефективні при дослідженні відносно невеликих ділянок, у межах яких наявні необхідні геоекологічні дані. При регіональній оцінці втрачаються такі важливі фактори, як оперативність та швидкість прийняття рішень.

При регіональній оцінці захищеності (вразливості) найбільш доцільно використовувати індексно-рейтинговий метод або метод гідрогеологічного районування, адаптовані саме для заданих еколого-гідрогеологічних умов. Саме використання даних методів може забезпечувати в умовах відсутності у значній кількості актуальної еколого-гідрогеологічної інформації та її оперативної обробки зменшення часу у ланцюгу «отримання та обробка геоекологічної інформації – проведення оцінки території – отримання результатів оцінки – прийняття управлінських рішень на їх основі».

При цьому, наразі метод гідрогеологічного районування використовується, в основному, як допоміжний для проведення попереднього етапу оцінки при моделюванні еколого-гідрогеологічних процесів. Індексно-рейтингові методи є самостійними.

Таким чином, виявлено ряд основних слабких сторін найбільш вживаних методів оцінки захищеності (вразливості) підземних вод: необхідність наявності значного об'єму актуальної геоекологічної інформації, погрішності методів, відсутність оперативності при дослідженнях та ін. Але поряд з цим, всі методи мають один загальний недолік – це їх однобокість. Дані роботи направлені суто на вирішення питання оцінки ступеню захищеності (вразливості) підземних вод від поверхневого забруднення. Але у межах територій із активними тектонічними процесами та наявною сучасною геодинамічною активністю земної кори, до яких відноситься і регіон робіт, є необхідність також у оцінці ризиків забруднення підземних вод глибинними високомінералізованими водами.

1.4. Наявна методологія вивчення питних підземних вод під впливом активного техногенезу та розроблені заходи з покращення екологічної безпеки питного водопостачання

Питаннями, пов'язаними із удосконаленням методології вивчення питних підземних вод та, на їх базі, розробкою заходів для контролю за змінами складу вод та стабілізації їх якості, у різний час та різних регіонах світу займалися багато науковців. Це були роботи як для діючих об'єктів (удосконалення еколого-геологічних досліджень ГС та, зокрема, гідрогеохімічного моніторингу підземних вод), так і для перспективних (обґрунтування виділення ділянок для екологічно безпечного використання підземних вод, закладання нових мереж водозаборів та ін.).

Праці таких видатних науковців, як А. Л. Брикса (1983, 2013), Є. С. Дзекцера (1993), М. С. Огняника (2013), Н. К. Парамонова (2013), І. В. Удалова (2012, 2015), О. А. Улицького (1998), Є. О. Яковлева (1994, 1998), О. Н. Ярцевої (1974), N. Dalla Libera (2017), A. Molinari (2019), E. Preziosi (2014) були направлені на розробку методології вивчення геологічного середовища та, зокрема, еколого-гідрогеологічних досліджень питних підземних вод під впливом активного техногенезу. Основні принципи їх досліджень є базовими для сучасних розробок у даному напрямку.

Проблемами, пов'язаними із розробкою заходів з покращення екологічної безпеки питного водопостачання та стабілізації якості підземних вод на діючих та перспективних водозаборах, у різних регіонах світу займалися Ф. М. Бочеввер (1972, 1979), Н. Н. Веригин (1979), В. М. Гольдберг (1976, 1984, 1987), С. Р. Крайнов (1973, 1991), Н. Н. Лапшин (1979), М. С. Огняник (1985), А. Є. Орадовська (1979, 1987), М. І. Плотніков (1983, 1989), В. С. Саркісян (1975), І. В. Удалов (2014, 2017, 2018), В. М. Шестаков (1973), В. В. Яковлев (2008, 2016, 2018), М. Abtahi (2015), Y. Chen (2018), S. Nurani Zulkifli (2018), J. Szabo (2014), Y. Weiwu (2016) та деякі ін.

У цих дослідженнях розглянуті методи гідрогеохімічного моніторингу підземних вод; висвітлена методологія оцінки якості підземних вод в умовах їх

довгострокової експлуатації; розроблені різні види заходів для контролю за змінами складу підземних вод та їх захисту від забруднення; обґрунтовані методичні підходи до виділення ділянок під закладання нових водозаборів і т. п.

Далі наводяться основні вітчизняні та зарубіжні дослідження, які для здобувача представляли великий науковий інтерес.

Одним із основоположників сучасної методології еколого-геологічних досліджень ГС України є Яковлев Є. О. У роботах [9, 63, 121-123] науковцем разом зі співавторами серед іншого рекомендовано в якості меж територій досліджень залучати зону збереження початкового стану ГС. Гідрогеологічне обґрунтування даних границь запропоноване на базі двох рівнів впливу на ГС – гідрогеофільтраційному і гідрогеохімічному (гідрогеоміграційному). Також набуло подальшого розвитку дослідження рівнів забруднення (у т. ч. підземних вод) на базі фонових значень стану хімічних елементів.

Праці М. С. Огняника [72, 73] спрямовані на розробку методології вивчення ГС та, зокрема, еколого-гідрогеологічних досліджень питних підземних вод під впливом активного техногенного навантаження. Особливу увагу було приділено територіям забруднення геологічного середовища легкими нафтопродуктами.

У роботах Удалова І. В., Решетова І. К., Амджаді А. та ін. [102, 130] описане використання комплексного підходу в еколого-геологічних дослідженнях геологічного середовища на прикладі Східного Донбасу. Рекомендовано при оцінці рівня забруднення компонентів ГС (у т. ч. підземних вод) замість недосконалих та застарілих діючих нормативів, стандартів та ін. використовувати показники середнього геологічного фонового вмісту (геофон) елементів даної території, які необхідно визначати із релевантних значень у межах ділянок, які віддалені від осередків забруднення та з мінімальним техногенним впливом. Також розроблені 4-ступеневі рівні забруднення ГС, від задовільного до загрозливого.

Кононенко А. В., Лур'є А. І. та Удалов І. В. у статті [143] розробили критерії оцінки рівнів забруднення питних підземних вод для крейдяних водозаборів Східної України при систематичному гідрогеохімічному моніторингу на локальному рівні. В основу покладені пріоритетні показники хімічного складу вод, по яким спостерігаються перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) згідно діючих норм у межах регіону робіт. Авторами визначені наступні рівні забруднення: в межах допустимих норм – до 1 ГДК, відносно забруднені – у межах 1-2 ГДК, забруднені – 2-3 ГДК, сильно забруднені – більше 3 ГДК.

У роботах Яковлева В. В. та Кононенко А. В. [38, 119] у межах деяких територій Східної України запропоновано схему раціонального розміщення нових крейдяних водозаборів на господарсько неосвоєних ділянках поширення піщаних річкових терас уздовж Сіверського Донця та його притоках з можливістю подальшого транспортування високоякісних питних вод до споживача. Згідно робіт, активний водообмін в межах піщаних річкових терас обумовлює формування значних запасів підземних вод високої питної якості. Для обґрунтування цієї гіпотези були розраховані перспективні ресурси підземних вод в межах виділених ділянок.

Сучасні роботи зарубіжних науковців з питання контролю за якістю питних підземних вод вирізняються широтою охоплення.

Роботи А. Molinari, L. Guadagnini, M. Marcaccio [153], E. Preziosi, D. Parrone, A. Del Bon [157], N. Dalla Libera, P. Fabbri, L. Mason [136] й ін. були направлені на розробку методичного підходу до визначення максимально точних геологічних фонових значень елементів-індикаторів якісного складу підземних вод. Вважається, що саме визначення геофоновому вмісту компонентів є одним із ключових під час моделювання змін гідрогеохімічних особливостей підземних вод та встановлення причин даних змін. Таким чином, зарубіжні науковці при визначенні реального стану якісного складу вод вважають доречніше порівнювати поточний вміст компоненту саме із локальним геофоном замість різних діючих стандартів, нормативів та ін.

Такі дослідники, як Weiwu Yan, Jialong Li, Xiaohui Bai [168], M. Abtahi, N. Golchinpour, K. Yaghmaeian [125] та деякі ін. займалися розробкою методичного підходу до оцінки якості вод для стандартизації даних процесів та підвищення оперативності при прийнятті управлінських рішень зі стабілізації складу цих вод. Це досягалося за допомогою відбору лише локально важливих показників якості вод, а також встановлення для кожного з них релевантних вагових коефіцієнтів.

Проблема оптимізації режимів експлуатації водозаборів на фоні погіршення якості підземних вод на них є нагальною для науковців різних територій світу. Цьому приділяють особливу увагу у великих та екологічно нестабільних агломераціях: Y. Chen, D. Han, J. Szabo, J. Hall у містах США [133, 163], S. Nurani Zulkifli, H. Abdul Rahim, W.-J. Lau в Куала-Лумпур (Малайзія) [155], Y. Weiwu, L. Jialong, B. Xiaohui у Шанхаї (Китай) [168] та ін.

Наразі основним недоліком зарубіжних досліджень у цьому напрямку є відсутність комплексного підходу до вирішення проблеми оцінки якісного складу питних підземних вод на експлуатаційних водозаборах та розробки відповідних оперативних заходів при виявленні погіршення їх якості.

Звичайно різні аспекти вивчення проблеми погіршення якості питних підземних вод в природних і техногенно порушених умовах не вичерпуються перерахованими вище науковими працями. Але дані дослідження є досить різноплановими і в сукупності дають широке уявлення про стан підземної гідросфери в умовах зростаючого техногенного навантаження.

Висновки до розділу 1

1. У першому розділі проведено аналіз праць відомих вітчизняних та закордонних вчених за темою дисертаційної роботи. Звичайно різні аспекти вивчення проблеми погіршення якості питних підземних вод в природних і техногенно порушених умовах не вичерпуються перерахованими у розділі

науковими працями. Але дані дослідження є досить різноплановими і в сукупності дають широке уявлення про стан підземної гідросфери в умовах зростаючого техногенного навантаження.

2. Питаннями, пов'язаними із вивченням режиму та змін хімічного складу питних підземних вод в природних і техногенно порушених умовах, впливу техногенезу на формування якісного складу цих вод, у різний час та різних регіонах світу займалися багато науковців. Автором детально проаналізовано основні вітчизняні та зарубіжні наукові праці еколога-гідрогеологічної направленості.

Згідно наведених робіт, на якість підземних вод у межах водозаборів можуть здійснювати вплив забруднюючі компоненти як техногенного (передусім, поверхневого), так і природного (глибинного) характерів. Зонами міграції останніх до цільових водоносних комплексів виступають, головним чином, розривні тектонічні порушення.

На думку здобувача, постійний техногенний пресинг на питні підземні води регіону досліджень потребує подальшого вивчення трансформації їх якості під впливом тектонічних факторів. Особливу важливість має визначення характеру зв'язку техногенезу зі змінами складу підземних вод, спричинених дією цих чинників. Є необхідним визначити екологічні та геологічні передумови активізації цього зв'язку.

3. Вивчення геохімічних особливостей F^- , як показнику II класу небезпеки, у природних водах та можливих причин збагачення елементом підземних вод присвячено роботи багатьох українських та закордонних дослідників.

Більшість науковців вважає, що проблема підвищеного вмісту F^- у водах БКВК Східної України має суто природний характер. Науковці виділяють 3 чинники. По-перше, це літологічний склад водомістких та вищезалігаючих порід. По-друге, геохімічні передумови до інтенсифікації розчинності твердої фази в природній системі «розчин-порода» внаслідок зміни хімічного складу вод під впливом природних (глибинних) чинників. По-третє, можлива

додаткова міграція елементу суто глибинного походження [25, 45, 120, 134, 141, 160].

При цьому техногенний аспект та динаміка змін вмісту компоненту досліджені слабо. Для розробки комплексних систем екологічної безпеки експлуатації питних підземних вод є необхідним проаналізувати динаміку погіршення якості вод за рахунок збільшення вмісту F^- та роль техногенезу у цьому процесі.

4. Окремо виділені роботи вітчизняних та зарубіжних науковців, у яких досліджувалися шляхи міграції забруднювачів природного та техногенного генезису у підземні води.

Завдяки цим дослідженням була розроблена сучасна методична база з оцінки захищеності (вразливості) підземних вод, розроблена класифікація гідрогеологічних «вікон» для різних техногенних та геологічних умов, визначені вертикальні та латеральні шляхи міграції забруднюючих речовин до питних підземних вод та ін.

Здобувачем виявлено ряд основних слабких сторін найбільш вживаних методів оцінки захищеності (вразливості) підземних вод: необхідність наявності значного об'єму актуальної геоecологічної інформації, погрішності методів, відсутність оперативності при дослідженнях та ін. Поряд з цим, усі методи мають один загальний недолік – це їх однокісність. Дані роботи направлені суто на вирішення питання оцінки ступеню захищеності (вразливості) підземних вод від поверхневого забруднення. Але у межах територій із активними тектонічними процесами та наявною сучасною геодинамічною активністю земної кори, до яких відноситься і регіон робіт, є необхідність також у оцінці ризиків забруднення підземних вод глибинними високомінералізованими водами.

5. Питаннями, пов'язаними із удосконаленням методології вивчення питних підземних вод та, на їх базі, розробкою заходів для контролю за змінами складу вод та стабілізації їх якості, у різний час та різних регіонах світу займалося багато дослідників. Це були роботи як для діючих об'єктів

(удосконалення еколого-геологічних досліджень ГС та, зокрема, гідрогеохімічного моніторингу підземних вод), так і для перспективних (обґрунтування виділення ділянок для екологічно безпечного використання підземних вод, закладання нових мереж водозаборів та ін.).

Наразі основним недоліком досліджень у цьому напрямку є відсутність комплексного підходу до вирішення проблеми оцінки якісного складу питних підземних вод на експлуатаційних водозаборах та розробки відповідних оперативних заходів при виявленні погіршення їх якості.

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ ГЕОЛОГІЧНОЇ, ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ ТА ТЕКТОНІЧНОЇ БУДОВИ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Основні риси геологічної будови території

Територія робіт включала значну частину Полтавської та західну частину Харківської областей (рис. 2.1). У геологічному відношенні дана територія знаходиться в центральній частині Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) [31, 101].

В геологічній будові надр приймають участь відклади кристалічного фундаменту докембрійського віку, а також осадові відклади палеозойського, мезозойського і кайнозойського віку. Нижче подається коротка характеристика літологічних особливостей розрізу надр зони активного водообміну, породи якої безпосередньо впливають на умови формування питних підземних вод, які досліджувалися. Опис наведено згідно робіт [3, 86, 87].

Мезозойська ератема (Mz)

Потужність мезозойських відкладів збільшується з південного заходу на північний схід. У розрізі території робіт ці відклади представлені тріасовою, юрською та крейдіанною системами. Нижче приводиться характеристика відкладів крейдіанного віку.

Крейдіяна система (K)

Відклади крейдіанної системи на даній території мають повсюдне розповсюдження. Вони неузгоджено залягають на юрських відкладах та представлені нижнім та верхнім відділами.

Нижній відділ (K₁)

Аптський ярус (K_{1a}). В основі відкладів залягає малопотужний (2-4 м) шар піску світло-сірого кольору, кварцового, гравелистого, з домішками каоліну. Вище по розрізу темно-сірі глини перешаровуються з різнозернистими глинистими пісковиками. Верхи розрізу складені потужними (до 12 м) прошарками світло-сірої глини та дрібнозернистих пісковиків і пісків.

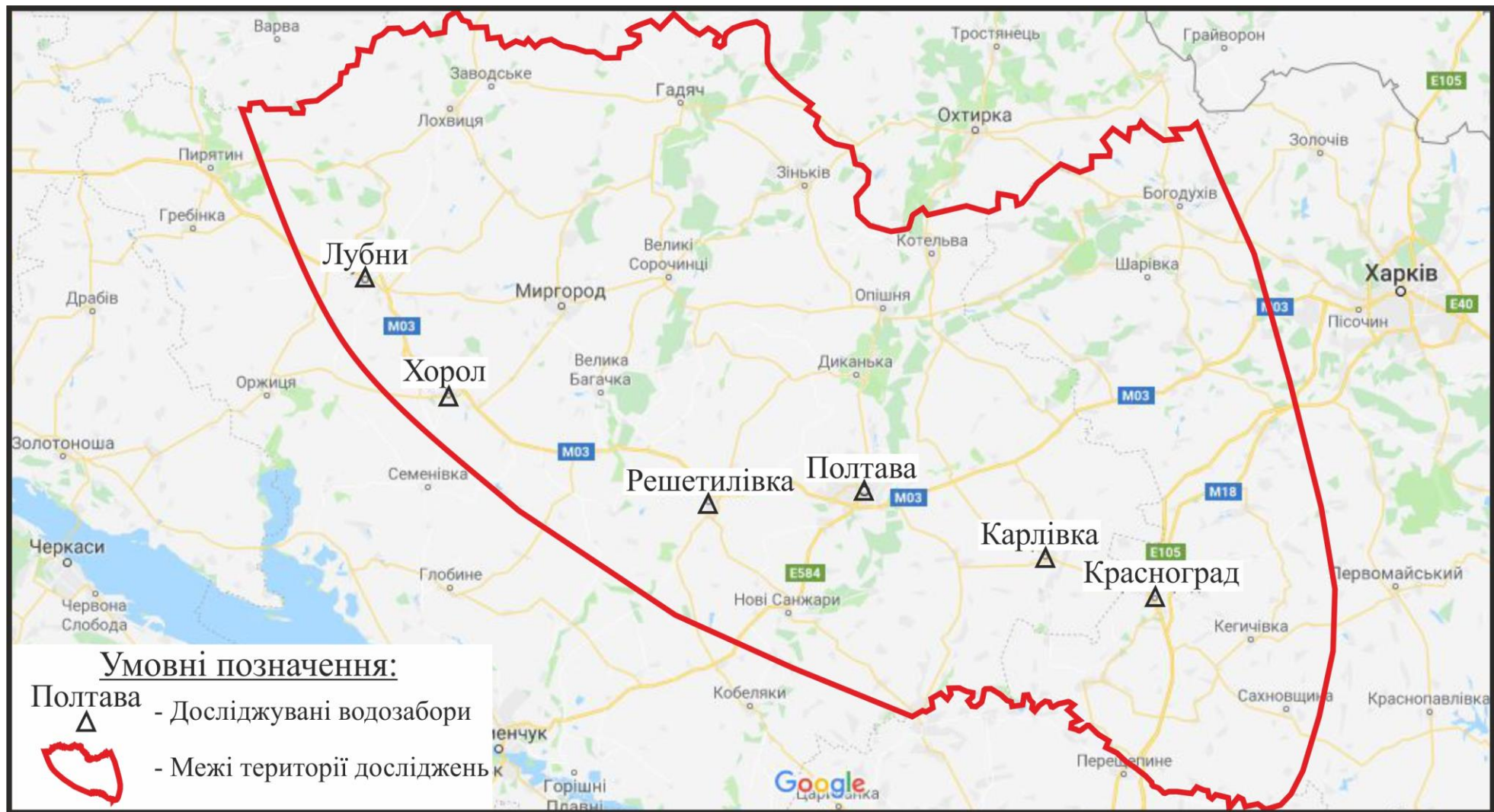


Рис. 2.1. Оглядова карта-схема території робіт з досліджуваними водозаборами (побудовано автором із використанням матеріалів Google maps)

Потужність аптських відкладів досягає 120 м.

Верхній відділ (K₂)

Відклади верхнього відділу, за виключенням низів розрізу, складені, в основному, писальною крейдою та крейдоподібними мергелями. Сумарна потужність відкладів відділу досягає 600 м.

Сеноманський ярус (K_{2s}). Відклади ярусу залягають на розмитій поверхні осадів аптського ярусу. На території, що досліджується, відклади сеноману представлені кварцово-глауконітовими пісками, піщанистими мергелями та іноді глинами. Потужність відкладів досягає 85 м.

Туронський ярус (K_{2t}). Відклади туронського ярусу узгоджено залягають на піщанистих мергелях сеноману і представлені товщою писальної крейди з тонкими прошарками крейдоподібного мергелю. Потужність відкладів ярусу досягає 103 м.

Коньякський ярус (K_{2k}). Осади коньякського ярусу подібні відкладам турону, вони представлені товщою писальної крейди і їх контакти встановлюються лише фауністично. Товщина відкладів ярусу досягає 57 м.

Сантонський ярус (K_{2st}). У розрізі ярусу переважає писальна крейда, але частіше зустрічаються прошарки крейдоподібного мергелю, особливо в його верхній частині. Потужність відкладів до 217 м.

Кампанський ярус (K_{2km}). Відклади цього ярусу представлені однорідною товщою білої писальної крейди з прошарками крейдоподібного мергелю. Потужність кампанських відкладів досягає 172 м.

Маастрихський ярус (K_{2m}). Відклади представлені однорідною товщою білої писальної крейди з прошарками крейдоподібного мергелю. Потужність досягає 210 м.

Кайнозойська ератема (Kz)

Кайнозойська ератема представлена відкладами палеогенової, неогенової та четвертинної систем.

Палеогенова система (P)

Відклади палеогенової системи у розрізі території досліджень мають повсюдне розповсюдження та представлені палеоценом, еоценом та олігоценом, загальною потужністю до 340 м.

Палеоцен (P₁)

Відклади палеоцену представлені сумською світою (P_{1sm}). Вони трансгресивно залягають на відкладах маастрихського ярусу та простежуються лише в приосьовій частині ДДЗ. Межа їх розповсюдження проходить по лінії Шишаки-Диканька-Велика Рублівка.

Літологічно відклади сумської світи представлені сірими та зеленувато-сірими пісками, дрібно- і середньозернистими, кварцово-глауконітовими. Іноді серед пісків зустрічаються глинисті та вапнякові пісковики і алевроліти, місцями – із гравієм кварцу та кремнію. Потужність відкладів сумської світи досягає 55 м.

Палеоцен та еоцен нерозчленовані (P_{1lz} + P_{2kn})

Нерозчленовані палеоцен-еоценові відклади представлені лузанівською світою нижнього палеогену (P_{1lz}) і канівською світою середнього палеогену (P_{2kn}). Простежуються ці відклади в приосьовій частині западини, південніше вони розмиті.

Відклади представлені пачкою глинистих кварцово-глауконітових пісковиків, дрібно- і середньозернистих, місцями ущільнених. У верхній частині розрізу пісковики поступово переходять у глинисті алевроліти та глини. Потужність їх досягає 58 м.

Еоцен (P₂)

Серед відкладів цього віку виділені канівська, бучацька та київська світи.

Відклади канівської та бучацької світ (P_{2bc-kn}) розповсюджені майже повсюдно, вони відсутні тільки у склепінних частинах деяких соляних штоків. Перекриті щільними київськими мергелями та глинами. Відклади представлені товщою кварцово-глауконітових дрібнозернистих, сильно глинистих пісків, алевритами, знизу – іноді з прошарками алевролітів, глин (канівська світа) і

кварцовими, глауконіт-кварцовими дрібно- і середньозернистими пісками з прошарками слабозцементованих пісковиків (бучацька світа). Глибина залягання відкладів змінюється від 100 м на півдні до 340 м і більше у районі Сухоносівсько-Миргородського прогину. Потужність відкладів у прогинах максимальна і складає до 150 м, зменшуючись на південь до 10-20 м.

Відклади кийвської світи (P_2kv) поширені також майже повсюдно, вони виклинюються тільки у склепінних частинах деяких соляних штоків. Залягають трансгресивно на відкладах канівської та бучацької світ, перекриваються олігоценовими відкладами. В основі світи залягає малопотужний шар (0,2-4,5 м) піщаних глин, пісків з конкреціями фосфоритів, валовий вміст F^- в яких досягає 1,5 %. Середня (основна) частина складена щільними голубувато- і зеленувато-сірими мергелями, місцями – карбонатними глинами загальною потужністю, в основному, від 15 до 55 м. Верхня частина складена безкарбонатними глинами («наглинки») потужністю від 2 до 10 м, пісковиками, алевролітами – до 30 м. Глибина залягання відкладів змінюється від 110-120 м на півдні до 290-300 м у Сухоносівсько-Миргородському прогині. Загальна встановлена потужність світи у регіоні робіт змінюється від 1 до 67 м, середні показники – близько 30 м.

Олігоцен (P_3)

Відклади олігоцену представлені межигірсько-обухівською ($P_{2-3mz-ob}$) та берецькою (P_3br) світами. Враховуючи, що не всюди між світами проведена межа, характеристика відкладів приводиться загальна.

Відклади розповсюджені повсюдно, виклинюючись тільки у склепінних частинах деяких соляних штоків. Залягають на мергелях та глинах кийвської світи. Вони складені кварцово-глауконітовими алевритами дрібно- і тонкозернистими, значно глинистими пісками з прошарками глин, пісковиків, алевролітів (межигірсько-обухівська світа) та різнозернистими, в основному, дрібно- і середньозернистими глауконіто-кварцовими пісками, місцями – вуглистими або з прошарками бурого вугілля, пісковиків (берецька світа).

Глибина залягання відкладів змінюється від 20-30 м на півдні до 160 м, загальна потужність – від 10-15 м до 270 м і більше.

Неогенова система (N)

До неогенових утворень відносяться міоценові відклади (новопетрівська світа), нерозчленовані відклади міоцену і пліоцену, пліоценові та пліоцен-нижньочетвертинні відклади.

Міоцен (N₁)

Відклади новопетрівської світи (N_{1np}) приймають участь у будові плато, обмежено розповсюджені у центральній частині регіону досліджень (водорозділ Сули та Хоролу, правобережжя Пселу), на північному сході та сході території. Перекриті строкатими міоцен-пліоценовими та червоно-бурими пліоцен-нижньочетвертинними глинами, на схилах, де глини розмиті четвертинними суглинками, підстиляються піщаними олігоценовими відкладами. Відклади новопетрівської світи представлені дрібно- і тонкозернистими, іноді середньозернистими кварцовими пісками з прошарками пісковиків, вуглистих глин потужністю 0,5-1,2 м. Загальна потужність відкладів від 8 до 50 м, глибина залягання – 7-60 м.

Неогенові нерозчленовані відклади (N₁₋₂)

Дані відклади розповсюджені лише на плато. Вони узгоджено залягають на пісках новопетрівської світи та перекриваються пліоцен-нижньочетвертинними червоно-бурими глинами. Відклади представлені строкатими щільними глинами, у подошві – піщанистими. Їх потужність від 1 до 15 м, у середньому – 4-5 м.

Пліоцен (N₂)

Пліоценові відклади розповсюджені на водороздільних просторах та, крім того, приймають участь у будові пліоценових терас. Вони залягають неузгоджено на олігоценових відкладах, перекриті одновіковими строкатими і червоно-бурими пліоцен-нижньочетвертинними глинами, а у місцях їх відсутності – четвертинними суглинками. Відклади представлені кварцовими різнозернистими пісками, у основі з прошарками (5-15 см) крупнозернистого

піску, іноді – піщанистої глини (0,2-0,5 м). У верхній частині піски збагачуються глинистим матеріалом і поступово переходять у щільні глини з конкреціями вапняку, потужність глин – до 30 м. Глибина залягання відкладів змінюється від 12 до 70 м, загальна потужність – від 2,2 до 50 м.

Пліоцен-нижньочетвертинні відклади (N_2-Q_1)

Відклади розповсюджені повсюдно у межах пліоценових терас і плато, вони відсутні на схилах та невеликих ділянках на північному сході. Залягають безпосередньо на пліоценових відкладах, перекриваються нижньочетвертинними відкладами. Осади представлені червоно-бурими та бурими щільними важкими однорідними глинами із залізисто-марганцевими шарами, іноді – із вапняковими прошарками. Глибина залягання глин змінюється від 7 до 48 м, їх потужність на більшій частині території перевищує 10 м, максимальна товщина – 45 м.

Четвертинна система (Q)

Четвертинні відклади користуються повсюдним поширенням. Вони покривають суцільним чохлам більш пізні відклади. Дані осади відсутні на крутих, обривистих схилах, у місцях виходів дочетвертинних порід на земну поверхню та на ділянках кар'єрів. Розповсюдження різноманітних генетичних типів четвертинних відкладів знаходиться у тісному зв'язку з геоморфологією району. Виділяються нижньо-, середньо- і верхньочетвертинні та сучасні відклади.

Нижньочетвертинні відклади (Q_I)

До них відносяться розповсюджені у межах пліоценових терас і плато (льодовикової зони) озерні, еолово-делювіальні ($vd, I Q_I$), пілуваті, вапнякові суглинки з прошарками викопних ґрунтів (потужність шарів 0,2-5 м), іноді – глин, та елювіальні, еолово-делювіальні ($vd Q_I$) щільні лесові суглинки і леси (позальодовикова зона на сході). Їх загальна потужність до 50 м.

Середньочетвертинні відклади (Q_{II})

Виділяються водольодовикові, озерні, льодовикові, льодовиково-озерні, алювіальні та еолово-делювіальні відклади.

Водольодовикові й озерні (підморенні) відклади ($f_l Q_{II}$) представлені суглинками піщанистими, валунними, місцями із слабо вираженою тонкою шаруватістю, з уламками кристалічних порід та гравійно-галькового матеріалу. Їх потужність від 5 до 21 м. Надморенні водольодовикові відклади залягають на морені або на підморенних суглинках. Вони представлені суглинками, які містять прошарки і лінзи піску, або пісками та супісками із багаточисленними рослинними залишками. Галька, гравій і крупнозернистий пісок зустрічаються рідше.

Прохідні долини заповнені водольодовиковими й алювіальними відкладами ($f, a Q_{II}$) – суглинками та дрібнозернистими кварцовими пісками потужністю до 40 м.

Льодовикові (моренні) та льодовиково-озерні відклади ($g, l g Q_{II}$) розвинені у межах IV-ої надзаплавної тераси, де вони залягають на нижньо-середньочетвертинних водольодовикових, алювіальних і озерних відкладах, у межах пліоценових терас і плато – на одновікових водольодовикових і озерних суглинках. Складені цегляно-червоними, сірувато- і жовтувато-палевими суглинками піщаними, щільними, із лінзами та прошарками гумусових суглинків і різнозернистого піску, валунів кристалічних порід. Товщина відкладів складає від 0,8 до 5 м.

Алювіальні відклади ($a Q_{II}$) складають III-ті надзаплавні тераси і розповсюджені на окремих ділянках долин річок Сула, Хорол, Псел, Ворскла, Удай. Їх літологічний склад: кварцові різнозернисті піски із переважанням середньозернистої фракції у нижній частині та дрібнозернистої з прошарками суглинків – у верхній. Потужність відкладів змінюється від 10 до 35 м, більша частина – 10-20 м.

Середньо-верхньочетвертинні відклади (Q_{II-III})

Розповсюджені, в основному, у центральній та східній частинах регіону у верхах розрізу плато, пліоценових і IV-их надзаплавних терас. Представлені шаром еолово-делювіальних ($vd Q_{II-III}$) лесових суглинків із плямами і смугами

залізнення, із прошарками лесів та віднесені до відкладів прильодовикової зони. Загальна потужність до 15 м.

Верхньочетвертинні відклади (Q_{III})

До цих відкладів відносяться алювіальні, озерні та еолово-делювіальні відклади I-ої та II-ої надзаплавних терас, а також еолово-делювіальні й елювіальні відклади пліоценових терас та плато.

Алювіальні відклади (aQ_{III}) – переважають кварцові піски, у верхній частині дрібнозернисті з прошарками озерно-алювіальних суглинків і супісків, у нижній – різнозернисті з переважанням середньо- та дрібнозернистих фракцій. Потужність відкладів складає 10-27 м, на окремих глибинних ділянках долин річок Сула, Псел та Ворскла – збільшується до 40-52 м.

Озерні відклади (lQ_{III}) представлені суглинками, іноді з вапняковими конкреціями. Їх товщина від 5 до 15 м.

Еолово-делювіальні відклади (vdQ_{III}) складені лесовими суглинками і лесами із плямами залізнення, на II-их і III-их терасах – пилюваті, у нижній частині значно піщанисті. Їх потужність від 1 до 20 м, в основному – 3-4 м.

Елювіальні відклади (eQ_{III}) – це гумусні суглинки (викошний ґрунт), щільні та піщанисті, із смугами карбонатів, які залягають декількома шарами товщиною 1-2 м у товщі еолово-делювіальних суглинків загальною потужністю 3-5 м.

Сучасні четвертинні відклади (Q_{IV})

До сучасних відкладів відносяться алювіальні, алювіально-делювіальні, пролювіальні, озерно-болотні та еолові відклади.

Алювіальні відклади (aQ_{IV}) суттєво розвинені у долинах Сули, Пселу, Ворскли та їх притоків. Представлені вони пісками дрібнозернистими, слабглинистими, знизу – середньо- і крупнозернистими. Їх товщина звичайно 10-20 м, збільшуючись у заплавах Сули, Пселу, Ворскли до 30-40 м.

Алювіальні, делювіальні та пролювіальні (a, d, pQ_{IV}) відклади днищ балок, ярів та схилів складені переважно перевідкладеними різними суглинками, супісками та пісками. Їх потужність не перевищує 5-7 м.

Болотні відклади (bQ_{IV}) розповсюджені локально у заплавах, рідше – на I-их та II-их терасах Сули, Удаю, Пслу. Представлені торфом товщиною від 0,3 до 4,5 м.

Еолові відклади (vQ_{IV}) – це перевіяні кварцові дрібнозернисті піски, які приймають участь в утворенні еолових форм рельєфу – дюн, пагорбів на I-их надзаплавних терасах. Їх товщини до 5-6 м.

2.2. Основні риси гідрогеологічних умов території

Територія досліджень розташована у межах центральної частини Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну (ДДАБ) (рис. 2.2) [31, 101].

ДДАБ характеризується наявністю підземних вод у потужній осадовій товщі відкладів кайнозою, мезозою та палеозою, де водоносні горизонти і комплекси утворюють поверхово розташовану систему та відрізняються літологічним складом, потужністю, водопроникністю водозбагачених порід, гідродинамічними умовами [11].

Південна крайова зона басейну є регіональною областю розвантаження глибоких водоносних горизонтів, які вміщують солоні води. Тут, в основному, усі вищезалігаючі водоносні горизонти і комплекси вміщують солоні та солонуваті води. У цілому ж ДДАБ характеризується відносно значними запасами прісних підземних вод, які формуються в четвертинних, неогенових, палеогенових і сеноман-нижньокрейдових відкладах.

Живлення підземних вод, в основному, відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Областями розвантаження є балки, долини річок, а у період межені – також понижені елементи рельєфу. Регіональною дренажною є р. Дніпро. На зміну режиму підземних вод значний вплив здійснюють гідротехнічні споруди.

На більшій частині території води, приурочені до різних стратиграфічних горизонтів, гідравлічно зв'язані між собою і виділення окремих горизонтів і комплексів іноді носить умовний характер.

Описувані водоносні горизонти і комплекси вміщують різні за своїм складом і ступенем мінералізації підземні води, класифікація хімізму яких наведена по О. О. Алекіну [1].

Нижче подається коротка характеристика водоносних горизонтів і комплексів, а також водотривких товщ зони активного водообміну, які безпосередньо впливають на умови формування досліджуваних підземних вод, згідно праць [3, 86, 87]. На рис. 2.3, 2.4 наведені гідрогеологічні розрізи регіону робіт.

Грунтові води

До ґрунтових вод регіону відносяться підземні води четвертинних відкладів. Водоносні горизонти і комплекси цих відкладів розвинені повсюдно в ДДАБ. Вони приурочені до алювіальних відкладів заплав, алювіальних та еолово-делювіальних відкладів I-их, II-их і III-их надзаплавних терас, алювіальних, озерних, водольодовикових, льодовикових, льодовиково-озерних, еолово-делювіальних відкладів IV-их надзаплавних терас і прохідних долин, а також до різних генетичних типів суглинків у межах межиріч.

Водозбагачена товща відкладів характеризується неоднорідністю літологічного складу як по площі, так і в розрізі. *Сучасні алювіальні відклади у заплавах річок* представлені переважно дрібнозернистими пісками із прошарками суглинків, супісків, знизу – різнозернистими пісками, у заплавах малих річок і днищ балок – супісками і тонкозернистими пісками.

Середньо-верхньочетвертинні алювіальні відклади складені дрібно- і середньозернистими, в основі – різнозернистими пісками з лінзами та прошарками суглинків і супісків у межах I-III-их терас; середньо-крупнозернистими пісками, які збагачені крупноуламковим матеріалом – у прохідних долинах, які перекриті лесовими суглинками. *Алювіальні відклади IV-ої надзаплавної тераси* представлені різнозернистими пісками, інколи глинистими, перекритими товщою суглинків. Загальна потужність порід змінюється у заплаві від 9,7 до 45,8 м, на I-III-их терасах – від 7 до 51 м, на IV-ій

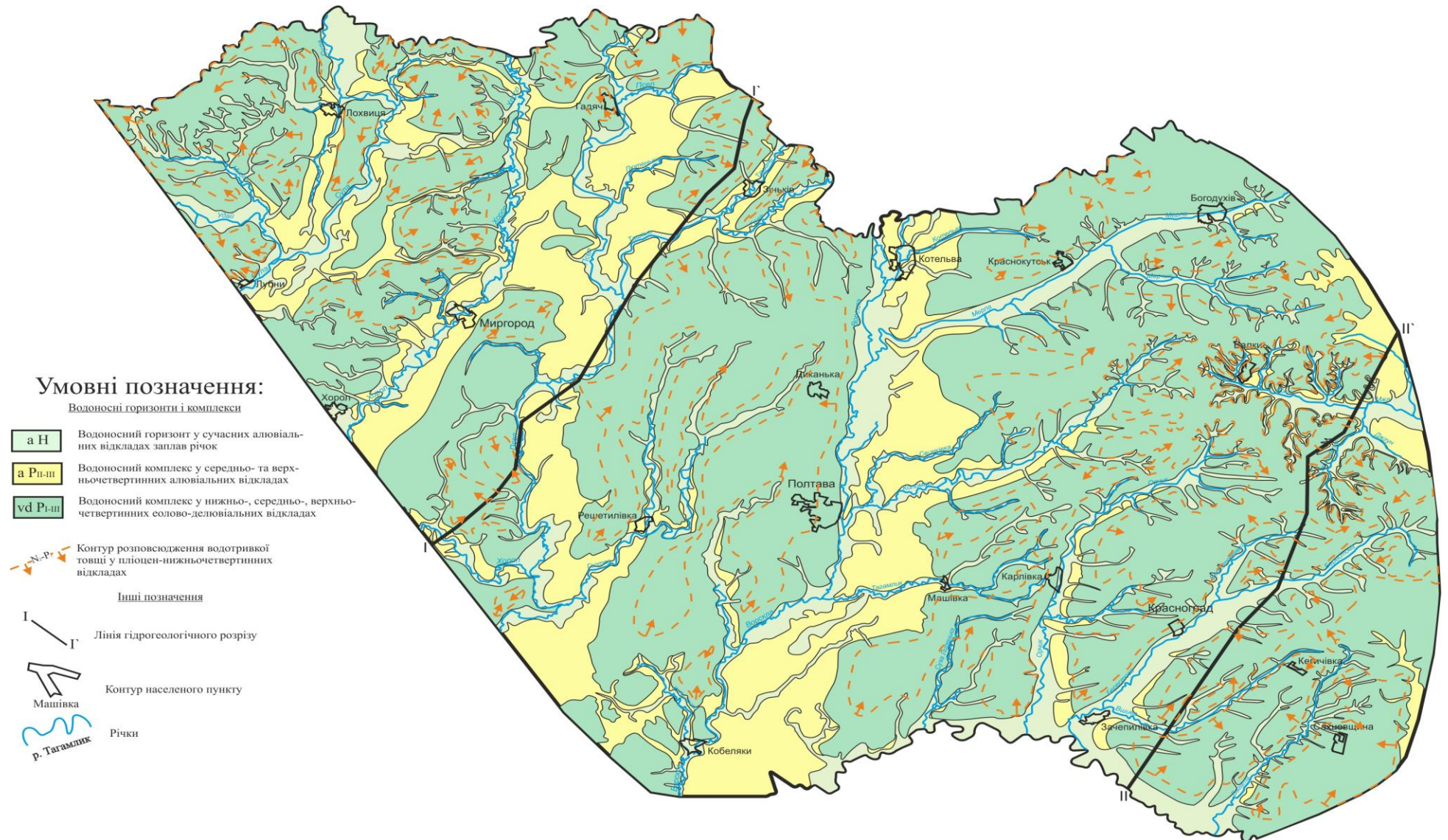
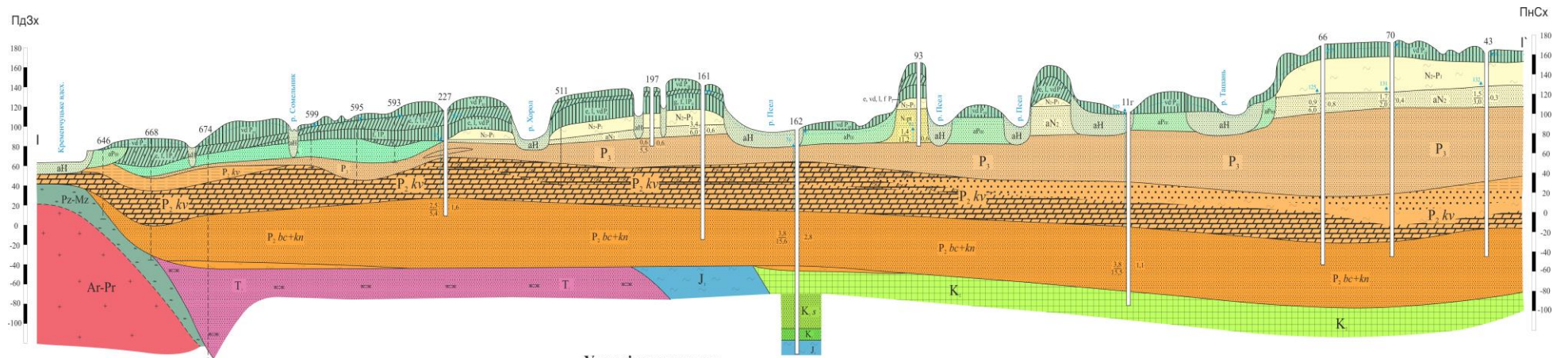


Рис. 2.2. Регіональна гідрогеологічна карта-схема території робіт (побудовано автором)



Умовні позначення:

- аН Водонесний горизонт у сучасних алювіальних відкладах заплав річок
- аР_{III} Водонесний комплекс у верхньочетвертинних алювіальних відкладах
- vdP_{III} Водонесний комплекс у верхньочетвертинних еолово-делювіальних відкладах
- e. f. l.P_I Водонесний комплекс у озерних, льодовикових, водольодовикових, середньочетвертинних відкладах
- s. g. f. l. vdP_I Водонесний комплекс у озерних, льодовикових, водольодовикових, еолово-делювіальних нижньочетвертинних відкладах
- N₂-P₁ Водотривка товща у пліоцен-нижньочетвертинних відкладах
- аN₂ Водонесний комплекс олігоцен-пліоценових відкладів
- P₁ Водотривка товща у відкладах кийської світи
- P₂kv Водотривка товща у відкладах кийської світи
- P₂bc+kn Водонесний комплекс у бучацьких і канівських відкладах
- K₂ Водотривка товща верхнього відділу крейдової системи
- K_s Водонесний комплекс у нижньокрейдних відкладах та у відкладах сеноманського ярусу верхньої крейди
- K_i Водонесний комплекс у нижньокрейдних відкладах та у відкладах сеноманського ярусу верхньої крейди
- J₁ Водонесний комплекс в юрських відкладах
- T₁ Водонесний комплекс в триасових відкладах
- Pz-Mz Нерозчленовані палеозой-мезозойські відклади
- Ar-Pr Відклади кристалічного фундаменту

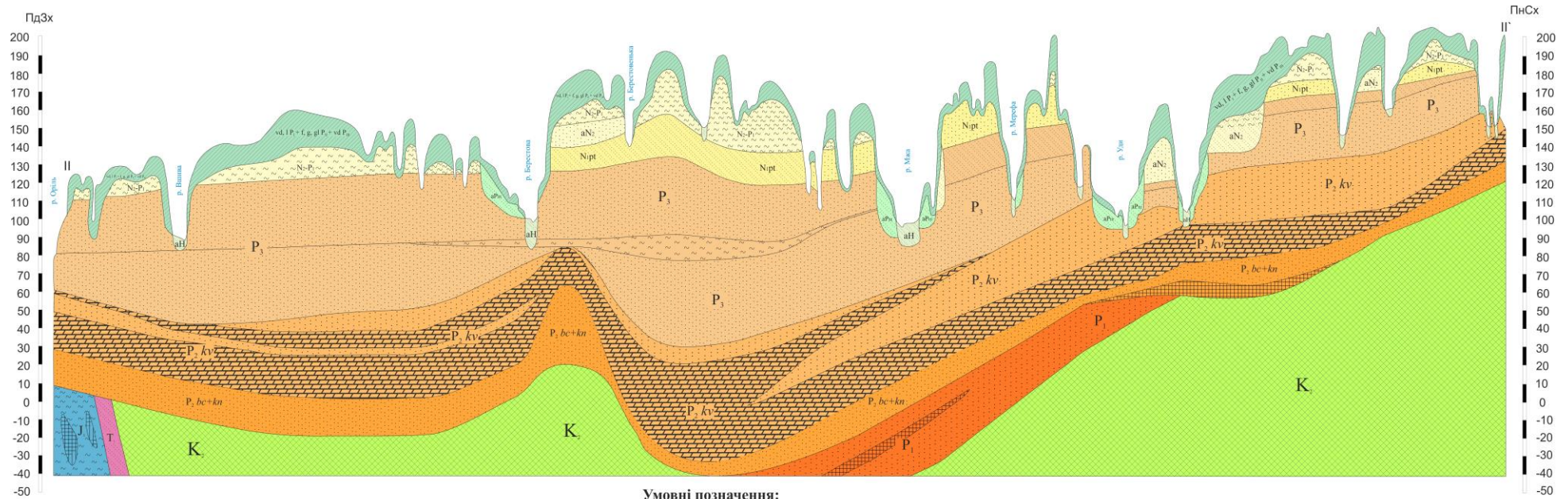
Літологічний склад порід

- Суґинок
- Пісок
- Глина
- Мергель
- Крейда

Свердловина гідрогеологічна:
 Зверху: № свердловини.
 Стрілка - напор підземних вод, шифра - абсолютна відмітка п'єзометричного рівня, м.
 Ліворуч біля ствала: чисельник - дебіт, дм³/с; в знаменнику - зниження, м.
 Праворуч - мінералізація води, г/дм³.

П'єзометричний рівень ґрунтових вод

Рис. 2.3. Регіональний гідрогеологічний розріз через територію робіт по лінії I-I' (побудовано автором)



Умовні позначення:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> аН Водонесний горизонт у сучасних алювіальних відкладах заплави річок аР_{III} Водонесний комплекс у верхньочетвертинних алювіальних відкладах vd, P₁-I, g, gl P₁-vd P₁ Водонесний комплекс у озерних, льодовикових, водольодовикових, солово-делювіальних нижньо-, середньо-, верхньочетвертинних відкладах N₂-P₁ Водотривка товща у пліоцен-нижньочетвертинних відкладах аN₂ Водонесний комплекс олігоцен-пліоценових та олігоцен-міоценових відкладів N₁pt P₃ Водотривка товща у відкладах кийської світи P₂ kv Водотривка товща у відкладах кийської світи P₁ Водотривка товща у відкладах кийської світи P₁ bc+kn Водонесний комплекс у бучацьких і канівських відкладах P₁ Палеоценові відклади K₁ Водотривка товща верхнього відділу крейдової системи J₃ Водонесний комплекс в юрських відкладах T₁ Водонесний комплекс в тріасових відкладах | <p><i>Літологічний склад порід</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Суглинок Пісок Глина Мергель Крейда |
|---|--|

Рис. 2.4. Регіональний гідрогеологічний розріз через територію робіт по лінії II-II' (побудовано автором)

терасі – від 20 до 81,6 м. Товщина обводненої частини відповідно змінюється у межах 6,7-42,8 м, 1,8-46,5 м і 12-76,6 м. Коефіцієнти фільтрації пісків згідно лабораторних даних змінюються від 0,2 до 18 м/добу, згідно дослідних – від 1,5 до 35 м/добу, суглинків – від 0,3 до 2 м/добу [32, 33].

У заплавах річок в покрівлі залягають ґрунтово-рослинний шар або безводні піски, на I-III-их терасах і прохідних долинах – еолово-делювіальні лесові суглинки, на IV-ій терасі – середньочетвертинні водольодовикові, озерольодовикові, льодовиково-озерні піщанисті суглинки із прошарками грубозернистого піску та уламками кристалічних порід, а також верхньочетвертинні еолово-делювіальні лесові суглинки. У підшві майже повсюдно залягають піщані олігоцені відклади. Відсутність витриманого водотриву зумовлює виділення у даній товщі відкладів спільного водоносного комплексу, який вміщує ґрунтові води.

Заплавні відклади балок на IV-ій терасі підстилаються середньочетвертинними уламковими піщанистими суглинками із включеннями грубозернистого піску, середньо-нижньочетвертинними пісками з уламками кристалічних порід та піщаними олігоцені відкладами; у межах міжрічч – різними генетичними типами верхньо-середньочетвертинних суглинків, супісків з прошарками і лінзами різнозернистих пісків, гравієм і галькою кристалічних порід.

Води безнапірні, їх рівні залягають на глибинах від 0 до 10 м у заплавах, на I-IV-их терасах – від 0-5 до 20 м. Абсолютні позначки рівнів збільшуються в сторону верхів'їв річок і вододілів від +60-70 м до +100-140 м; на IV-ій терасі вони змінюються від +65 до +125 м, знижуючись у південно-західному, південно-східному та південному напрямках в сторону річок Удай, Сула, Хорол.

Водозбагаченість порід різна: дебіти свердловин від 0,5 до 5,0 $\text{дм}^3/\text{с}$ при зниженнях 4-8,5 м. Удільні дебіти свердловин, в основному, складають 0,1-0,5 $\text{дм}^3/\text{с}$, іноді – до 1 $\text{дм}^3/\text{с}$. Дебіти колодязів складають 0,005-0,5 $\text{дм}^3/\text{с}$ при зниженнях 0,2-2 м. На IV-ій терасі дебіти свердловин, які експлуатують нижню

(піщану) частину водозбагачених порід, змінюються від 1,1 до 6 $\text{дм}^3/\text{с}$ при зниженнях від 2 до 4 м; удільні дебїти – від 0,3 до 4 $\text{дм}^3/\text{с}$. Дебїти колодязїв, якї розкрили водоноснї суглинки, незначнї і складають 0,1-0,5 $\text{дм}^3/\text{с}$; водовїдбїр їз них вїд 0,5 до 1 $\text{м}^3/\text{добу}$.

Води на бїльшїй частинї територїї прїснї, з мїнералїзацїєю 0,3-1 $\text{г}/\text{дм}^3$, за хїмїчним складом переважають гїдрокарбонатнї кальцїєво-магнїєвї, гїдрокарбонатнї кальцїєво-натрїєвї, рїдше – гїдрокарбонатнї магнїєво-натрїєвї. На пївднї, за межами регїону дослїджень, де вїдбувається їнтенсивне розвантаження солоних вод водоносних горизонтїв та комплексїв, якї залягають нижче, мїнералїзацїя збїльшується до 6,5-8,5 $\text{г}/\text{дм}^3$, та води стають хлоридними натрїєвими.

На мїжрїччях ґрунтовї води залягають у рїзних генетичних типах порїд. У центральнїй та схїднїй частинах регїону водовмїсними є *нижньо-середньо-верхньочетвертиннї еолово-делювіальнї суглинки*. На пївночї водовмїсними породами є *нижньочетвертиннї озернї, еолово-делювіальнї, середньочетвертиннї озернї, водольодовиковї, льодовиковї, льодовиково-озернї, середньо-верхньочетвертиннї еолово-делювіальнї суглинки, супїски* з прошарками пїскїв рїзнозернистих, гравїєм та галькою кристалїчних порїд. Загальна потужнїсть вїдкладїв не перевищує 50 м, товщина обводненої частини товцї змїнюється вїд 0,2 до 35 м, в основному – 25-35 м. Коефїцієнти фїльтрацїї суглинкїв доволї рїзнї, вони залежать вїд гранулометричного складу і складають 0,03-0,43 $\text{м}/\text{добу}$ [32, 33].

У покрївлї вїдкладїв залягають безводнї суглинки, у пїдошвї – водотривкї червоно-бурї й строкатї глини, на схїлах – пїщанї олігоцен-мїоценовї або плїоценовї вїдклади, а у мїсцях розмиву останнїх – олігоценовї пїщанї вїдклади, якї утворюють їз четвертинними породами спїльний водоносний комплекс, який вміщує ґрунтовї води. Води мають вільну поверхню. Глибина залягання рївня змїнюється вїд 2 до 20 м і бїльше, абсолютнї позначки – вїд +70 до +175 м, знижаючиись їз пївночї на пївдень і у сторону долин рїчок, де вїдбувається розвантаження вод даного комплексу. Експлуатується комплекс

колодязями, їх дебіти звичайно не перевищують 0,02-0,5 дм³/с, водовідбір – 0,5-1 м³/добу. За хімічним складом переважають води гідрокарбонатні кальцієво-магнієві, гідрокарбонатно-сульфатні кальцієво-натрієві з мінералізацією 0,3-1 г/дм³. На ділянках з підвищеною мінералізацією (1,5-2,5 г/дм³) зустрічаються води сульфатно-гідрокарбонатні натрієво-магнієві (на сході регіону), хлоридні кальцієво-магнієві (центральна частина).

Води четвертинних відкладів схильні до забруднення, про що свідчить присутність у колодязях та свердловинах підвищеного вмісту NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, нафтопродуктів. Вони повсюдно експлуатуються шахтними колодязями для індивідуального водопостачання і свердловинами для окремих господарств.

Міжпластові води

Водоносний комплекс олігоцен-пліоценових відкладів (P₃+N₂) розповсюджений на вододілах у північній, північно-східній, східній і центральній частинах ДДАБ.

Водовмісними є олігоценові (межигірсько-обухівська та березька світи) кварцово-глауконітові різнозернисті глинисті піски з прошарками пісковиків і алевролітів, а також пліоценові кварцові дрібно- і середньозернисті піски. Загальна потужність відкладів від 40 м (придолинні частини) до 270 м (Сухоносівсько-Миргородський прогин та деякі інші території), товщина пліоцену від 3 до 35 м.

Коефіцієнти фільтрації піщаних різностей змінюються: для олігоценових відкладів – від 0,1-0,5 до 3,8-12,5 м/добу, для пліоценових – від 0,2-1 до 3-23 м/добу [32, 33].

У покрівлі комплексу залягають строкаті та червоно-бурі глини, у підшві – київські мергелі. Глибина залягання комплексу складає від 10 до 60 м, зменшуючись на придолинних ділянках. Води слабонапірні та безнапірні (вододіл Ворскли та Груня). Висота напору коливається від 2-6 до 50 м, рівні встановлюються на глибинах від 6-10 до 50 м, їх абсолютні позначки зменшуються на південь і в сторону долин річок від +142 до +76 м, що вказує на гідравлічний зв'язок різних горизонтів комплексу.

Водоносний комплекс характеризується нерівномірною водозбагаченістю. Дебіти свердловин, які обладнані на олігоценові відклади, змінюються від 0,02-0,1 дм³/с при зниженнях 15,5 м до 6,3 дм³/с при зниженнях 20 м; на пліоценові відклади – від 0,03 дм³/с при зниженні 2,6 м до 5,8 дм³/с при зниженні 35 м. Удільні дебіти свердловин 0,1-0,2 дм³/с.

За хімічним складом води переважно гідрокарбонатні кальцієво-магнієві або натрієво-кальцієві з мінералізацією від 0,3 до 1,2 г/дм³.

Основна частина живлення та розвантаження водоносного комплексу – у межах вододілів та долин місцевих річок [108]. Часткове загальне розвантаження відбувається у долині річки Дніпро.

Водоносний комплекс є джерелом водопостачання дрібних та середніх водоспоживачів регіону робіт.

Водоносний комплекс олігоцен-міоценових відкладів (P₃+N₁) розповсюджений у центральній частині регіону досліджень (вододіл Сули і Хоролу, лівобережжя р. Псел, міжріччя Ворскли і Грунь), а також на сході.

Водовмісні породи – олігоценові кварцово-глауконітові, знизу – сильно глинисті піски, алеврити з прошарками пісковиків і алевролітів (межигірсько-обухівська світа), дрібно- і середньозернисті піски, місцями вуглисті з прошарками пісковиків (берецька світа) та кварцові дрібно- і середньозернисті піски та пісковики міоцену (новопетрівська світа). Товщина міоценових відкладів складає від 8 до 40 м, загальна потужність – від 20 до 160 м.

Коефіцієнти фільтрації піщаних різностей міоцену змінюються від 0,2-1 до 2-4,7 м/добу [32, 33].

У покрівлі комплексу залягають строкаті та червоно-бурі глини, у підшві – київські мергелі.

Води слабонапірні та безнапірні. Величина напору не перевищує 25 м, рівні встановлюються на глибинах від 8 до 65 м, їх абсолютні позначки змінюються від +60 до +147,5 м.

Водозбагаченість комплексу незначна. Удільні дебіти свердловин складають до 0,1 дм³/с.

За хімічним складом води переважно гідрокарбонатні кальцієво-магнієві або натрієво-кальцієві, мінералізація – 0,3-1 г/дм³.

Основні зони живлення та розвантаження підземних вод комплексу ті ж, що й у водоносного комплексу у олігоцен-пліоценових відкладах [108].

Як джерело водопостачання водоносний комплекс олігоцен-міоценових відкладів практичного значення не має, але може використовуватися дрібними водоспоживачами.

Водоносний комплекс бучацьких і канівських відкладів (Р₂bc-кп) розповсюджений повсюдно, за виключенням лише присклепінних ділянок деяких соляних штоків.

Водовмісними породами є канівські глауконіто-кварцові тонко- і дрібнозернисті глинисті, знизу – сильно глинисті піски, які місцями переходять в алеврити і слабозцементовані алевроліти, а також бучацькі кварцово-глауконітові дрібно- і середньозернисті, рідше – різнозернисті піски, інколи з прошарками пісковиків. Їх загальна потужність змінюється від 10-20 м на півдні до 150 м у центральній частині.

Коефіцієнти фільтрації бучацьких пісків змінюються від 0,3-2,5 до 4,3-14,3 м/добу, канівських пісків – від 0,25 до 1-4 м/добу [32, 33].

У долинах річок комплекс є першим міжпластовим напірним. Глибина залягання покрівлі комплексу змінюється у значних межах: від 100 м на півдні до 340 м у центральній частині. Значна глибина залягання комплексу приурочена до ділянок міжкупольних структур.

Води напірні, висота напору коливається від 40 до 200 м і навіть, іноді, до 340 м, основні значення – 100-150 м. П'єзометричні рівні встановлюються від +8,2 м над поверхнею землі до глибини 90 м, їх абсолютні позначки коливаються від +50 до +150 м.

Водозбагаченість пісків досить постійна: дебїти свердловин змінюються від 0,8 дм³/с при зниженні 1,5 м до 6 дм³/с при зниженні 12 м, удільні дебїти – від 0,2 до 1 дм³/с (в основному, 0,3-0,6 дм³/с).

Поряд із прісними гідрокарбонатно-хлоридними натрієвими, хлоридно-гідрокарбонатними натрієвими із мінералізацією до 1 г/дм^3 , розповсюдженими на значній частині регіону досліджень є води з мінералізацією більше 1 г/дм^3 хлоридного натрієвого складу. Висока мінералізація вод спостерігається в районах розвитку деяких солянокупольних структур (до $5,4 \text{ г/дм}^3$).

До можливих шляхів міграції забруднюючих компонентів до водоносного комплексу у межах басейну відносяться вертикальні та латеральні джерела живлення підземних вод.

У 1988 р. групою науковців на чолі з В. М. Шестопаловим було виконано профільне моделювання по лінії току напірних підземних вод через ДДАБ від припіднятого Воронезького масиву до Дніпра [108]. До моделі також увійшов і цільовий, бучацько-канівський водоносний комплекс. Модельні результати показали, що 80-90 % загального живлення напірних підземних вод у різних частинах басейну надходить шляхом вертикальної низхідної фільтрації за рахунок вододілів місцевих річок. 10-20 % – це латеральне живлення зі сторони бортової північно-східної частини басейну [108].

Також має місце міграція вод із залягаючих глибше більш напірних горизонтів та комплексів у місцях відсутності між ними значних товщин водотривів. Процес розвантаження відбувається також як у долинах місцевих річок, так і в долині р. Дніпро [108].

Комплекс експлуатується численними свердловинами та є основним джерелом питного водопостачання території досліджень.

Водоносний комплекс у нижньокрейдових відкладах і у відкладах сеноманського ярусу верхньої крейди (K_1+K_2s) (сеноман-нижньокрейдовий водоносний комплекс – СНВК) розвинений на території проведення робіт повсюдно.

У розрізі відкладів, що складають водоносний комплекс, верхня частина водовмісної товщі представлена осадами сеноманського ярусу (K_2s), нижня – породами аптського ярусу (K_{1ap}). Відсутність витриманих водотривів, практично повсюдне поширення і більш-менш стабільна однорідність

літологічного складу зумовили виділення в цій товщі відкладів єдиного водоносного комплексу.

Водовмісна товща сеноманських відкладів представлена пісками дрібно- і різнозернистими і пісковиками тріщинуватими.

Коефіцієнти фільтрації їх, по лабораторним даним, змінюються від 0,009 м/добу до 1,87 м/добу [32, 33].

Водоносна товща порід аптського ярусу нижньої крейди складена пісками крупно- і середньозернистими і гравелистими з прошарками глин. Їх коефіцієнти фільтрації, за лабораторними даними, складають 0,1-10,4 м/добу [32, 33].

Потужність водовмісних порід коливається від 9,75 м до 294,8 м і залежить від геоструктурних особливостей окремих районів описуваної території. Глибина залягання покрівлі водоносного комплексу в південній частині площі 80-120 м, а в північно-східній частині досягає 890 м.

Залягають описувані водоносні відклади під мергельно-крейдовими породами верхньої крейди. Підстилаються переважно глинами, алевролітами і пісковиками верхньої юри.

Води даного водоносного комплексу високонапірні. Величина напору коливається від 96 м до 614 м. Рівні підземних вод у свердловинах встановлюються на глибинах від 75 м і вище, а місцями свердловини самовиливаються. Абсолютні відмітки п'єзометричного рівня змінюються від +64 до +109 м.

Продуктивність свердловин, які розкрили і експлуатують водоносний комплекс аптських і сеноманських відкладів, знаходиться в прямій залежності від літологічного складу водовмісних порід. Свердловини, що розкривають грубозернисті гравелісті піски нижньої крейди, зазвичай характеризуються більш високою продуктивністю. Дебіти цих свердловин змінюються від 1,81 $\text{дм}^3/\text{с}$ при зниженні рівня на 1,2 м до 18,75 $\text{дм}^3/\text{с}$ при зниженні рівня на 18,75 м. А в долині р. Ворскла (м. Полтава) дебіти свердловин досягають 28,0-

44,5 $\text{дм}^3/\text{с}$ при зниженнях рівнів на 15-50 м. Коефіцієнти водопровідності порід описуваних відкладів складають 200-580 $\text{м}^2/\text{добу}$.

За хімічним складом води цього комплексу в межах описуваної території відносяться до хлоридно-гідрокарбонатного натрієвого і до гідрокарбонатно-хлоридного натрієвого типу з мінералізацією від 0,6 до 1,4 $\text{г}/\text{дм}^3$. Мінералізація цих вод збільшується не тільки по мірі занурення водовмісних порід, але й там, де можлива міграція високомінералізованих вод з глибше залягаючих водоносних комплексів. Води м'які, загальна жорсткість їх коливається від 0,21 до 1,26 $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$. По концентрації водневих іонів вони відносяться до нейтральних і слаболужних (рН 7,0-7,6).

Область живлення комплексу знаходиться за межами досліджуваної території, на північно-східній околиці ДДАБ, де пласти-колектори залягають на незначній глибині. Напрямок потоку підземних вод південно-західний, у бік долини р. Дніпро, де ці води розвантажуються. Областями живлення та розвантаження у природних умовах є також ділянки, де у покрівлі відсутня мергельно-крейдова товща, і нижньокрейдово-сеноманські відклади перекриті безпосередньо бучацькою серією [108].

У районах солянокупольних структур водоносний комплекс нижньокрейдових і сеноманських відкладів має гідродинамічний зв'язок із водами товщ, що залягають нижче.

Описуваний водоносний комплекс, який характеризується значною багатководністю і порівняно доброю якістю води, є одним з перспективних джерел централізованого водопостачання на досліджуваній території.

Водотривкі товщі

У відповідності до геологічної будови та гідрогеологічних умов регіону робіт, у межах глибин, обмежених заляганням БКВК і СНВК, виділяються наступні відносно водотривкі відклади: пліоцен-нижньочетвертинні та пліоценові, пліоцен-нижньочетвертинні та верхньоміоцен-нижньопліоценові, київської світи, верхнього відділу крейдової системи, верхньокімериджського під'ярусу верхньої юри та готеривського і баремського ярусів нижньої крейди.

Пліоцен-нижньочетвертинні та пліоценові відклади (N_2-Q_1 , N_2) розповсюджені у північній, центральній та східній частинах регіону на вододілах Удаю, Сули, Пслу, Ворскли та ін. Вони є першим місцевим водотривом, який розділяє ґрунтові води і перший міжпластовий водоносний комплекс.

Відклади представлені відносно водотривкими червоно-бурими та строкатими глинами щільними з вапняковими і залізисто-марганцевими прошарками. Їх потужність змінюється від 1-3 до 40 м, досягаючи максимальних значень на високих ділянках вододілів. Коефіцієнти фільтрації, згідно лабораторних даних, складають 10^{-4} - 10^{-3} м/добу [32, 33].

Пліоцен-нижньочетвертинні, верхньоміоцен-нижньопліоценові відклади (N_2-Q_1 , N_{1-2}) зустрічаються лише у межах плато у північно-східній, східній та центральній частинах. Відклади є місцевим водотривом, який розділяє ґрунтові води і перший міжпластовий водоносний комплекс.

Представлені відклади червоно-бурими і строкатими відносно водотривкими глинами щільними, жирними із конкреціями гідроокисів заліза, залізисто-марганцевими вапняковими прошарками. Глиниста фракція представлена каолініто-монтморилонітом. Товщина строкатих верхньоміоцен-нижньопліоценових глин змінюється від 1,1 до 12 м, а разом із червоно-бурими глинами – від 3 до 30 м і більше.

Київські відклади (P_2kv) першим місцевим водотривом є у заплавах, I-IV-их надзаплавних терасах усіх річок, у прохідних долинах. Вони розділяють водоносний комплекс у бучацьких та канівських відкладах та вищезалягаючі горизонти та комплекси.

Відклади представлені слабопроникними та водотривкими мергелями щільними, однорідними, інколи вони перекриті глинами. У гранулометричному складі переважають фракції 0,01 мм – 90%, у мінеральному – глинистий матеріал. В основі водотриву залягає малопотужний шар (0,2-4,5 м) піщаних глин, пісків з конкреціями фосфоритів, валовий вміст F^- в яких досягає 1,5 %. Загальна встановлена потужність мергелів і глин у регіоні робіт змінюється від

1 до 67 м, середні показники – близько 30 м. За даними моделювання значення коефіцієнту фільтрації водотривкої товщі у межах вододілів території складає $6 \cdot 10^{-6}$ м/добу, а на площі долин річок – близько 10^{-4} м/добу [17].

Водотривка товща мергелів, писальної крейди, крейдоподібних мергелів верхнього відділу крейдової системи (K₂). Товща поширена на всій площі досліджень, за виключенням склепінних ділянок та штоків девонської солі. Товща представлена білою писальною крейдою і прошарками крейдоподібного мергелю туронського-маастрихтського ярусів. Товща відокремлює підземні води бучацько-канівських відкладів від водоносних комплексів, що залягають нижче. Її потужність змінюється від 50 до 400 м і більше. За даними моделювання значення коефіцієнту фільтрації водотривкої товщі регіону складає 10^{-4} м/добу (при потужності водотриву до 100 м), 10^{-5} м/добу (при потужності водотриву до 200-400 м) і $5,0 \cdot 10^{-4}$ м/добу (в зоні куполів) [17].

Водотривка товща верхньокімериджського під'ярусу верхньої юри та готеривського і баремського ярусів нижньої крейди (J_{3km}+K_{1g-br}). Товща розповсюджена на всій території досліджень. Вона представлена глинами строкатими, вапнистими з прошарками алевролітів, пісковиків і вапняків. Ця товща є основним нижнім водотривом для сеноман-нижньокрейдового водоносного комплексу. Потужність товщі досягає 170-190 м. Даний водотрив ізолює підземні води зони активного водообміну від високомінералізованих вод зони затрудненого водообміну.

2.3. Основні риси тектонічної будови території

Досліджувана територія в геоструктурному відношенні розташована в центральній частині ДДЗ, що включає в себе ряд тектонічних структур позитивних і негативних форм, які нерідко мають безпосередній зв'язок з гіпсометрією кристалічного фундаменту [104].

З існуючих тектонічних схем ДДЗ, здобувачем була обрана схема М. В. Чирвинської [104], тому всі наведені нижче дані про найголовніші тектонічні елементи наведені в основному за цією схемою.

Відповідно до гіпсометрії фундаменту, основні складчасті споруди на території робіт, як і по всій ДДЗ, витягнуті в північно-західному напрямку і являють собою переривчасті ланцюги складок, утворених в результаті різних по інтенсивності специфічних коливальних рухів.

Порівняльний аналіз потужностей і фацій стратиграфічних комплексів дозволяє зробити висновок, що на тлі переважного загального занурення території западини кожна зі складчастих тектонічних зон піддавалася в різні епохи коливальним рухам. Під впливом цих рухів тектонічна вісь западини відчувала неодноразові горизонтальні переміщення то в північно-східному, то в південно-західному напрямках по відношенню до її серединного геометричного положення.

У зв'язку з цим тектонічний розвиток кожного із структурних підняттяв мав свої характерні риси.

У тісному зв'язку з діяльністю регіонального тектогенезу знаходився і прояв глибинних процесів соляної тектоніки.

Формування соляних штоків викликане переміщенням солі з мульди до піднятих ділянок фундаменту, звідки девонська сіль витіснялась в ядра первинних складчастих структур і, піднімаючи їх склепінні ділянки, викликала своєрідні зони розтягування, які залягають у склепінних частинах пластів.

Центральна частина грабена ДДЗ, у межах якого знаходиться регіон робіт, характеризується збільшенням потужності порід осадового комплексу, яка, за даними геофізичних досліджень, перевищує 8000 м [104]. Тут широко розвинені складки «вали» північно-західного простягання. У межах цих складок встановлюються численні перерви в осадконакопиченні і широко розвинена мережа розривних порушень різного віку.

У центральній частині грабена встановлено ряд солянокупольних піднять. У цій зоні зафіксовані Полтавська, Машівська, Східно-Полтавська, Єлизаветівська, Байрацька, Абазівська, Шишацька, Жоржевська, Самаринська, Баранівська, Ігнатенківська, Солохівська, Диканська, Руновщинська, Чутівська, Колонтаївська та інші тектонічні структури.

У розрізі осадового чохла фіксується велика кількість неузгоджень та перерв різної тривалості і площинного розповсюдження. Регіональними перервами, які характеризують найбільш важливі етапи у формуванні структур западини, є доверхньовізейський, доверхньопермський та допалеогеновий. Цім перервам відповідають неузгодження, які розділяють основні структурні поверхи осадового чохла. Найбільш інтенсивно дислоковані відклади першого знизу та другого структурних поверхів. Унаслідок значної потужності осадового чохла, інтенсивність і амплітуда тектонічних порушень фундаменту згасають у відкладах більш молодих структурних поверхів.

У формуванні структур осадового чохла велику роль відіграє соляна тектоніка, яка проявилася у різний час із різною інтенсивністю, що обумовило виникнення компенсаційних прогинів і тектонічних порушень. Утворення соляних штоків і подальший їх ріст призвело до прориву осадового чохла, що вплинуло на підземні води.

Кайнозойські відклади трансресивно і майже горизонтально залягають на розмитій поверхні мезозойських та частково палеозойських відкладах. У цей період тектонічні рухи проявилися у вигляді повільних коливань із чергуванням періодів опускань і підняття поверхні. Осади піддавалися частковому, а місцями – доволі значному розмиванню, що торкнулися відкладів від неогену до канівської та бучацької світ.

Осадкові відклади суцільним чохлам покривають кристалічний фундамент. У кайнозойський час тектонічні рухи проявлялися у вигляді підйомів та опускань території.

Визначальну роль у формуванні хімічного складу підземних вод БКВК на водозаборах регіону, які досліджуються у роботі, мають розривні тектонічні порушення, пов'язані з Полтавським (водозабори м. Полтава), Єлизаветівським, Тарасівським та Федорівським (м. Карлівка), Ланнівським (мм. Карлівка, Красноград), Хрестищенським та Красноградським (м. Красноград), Сагайдацьким та Білоцерківським (м. Решетилівка) соляними діпірами, а також крайовий південно-західний розлом (мм. Хорол, Лубни) [3, 86, 87].

Далі наводиться опис тектонічних структур, у межах яких залягають вищенаведені соляні діапіри [104].

Східно-Полтавська структура представляє собою брахіантиклінальну складку північно-західного простягання. У склепінній частині відмічається скид, амплітуда якого складає близько 100 м. Південніше знаходиться Машівська структура, яка відділена від останньої неглибоким прогином.

Єлизаветівська структура по покрівлі сеноманського ярусу представлена брахіантиклінальною складкою субширотного простягання із розмірами 5x5 км (Марков, 1959). Західна її перикліналь ускладнена порушенням, по якому структура розбита на два блоки: західний – припіднятий і східний – опущений. Амплітуда порушення близько 280 м. Східний блок представляє собою пологу монокліналь.

Тарасівська структура по покрівлі сеноманського ярусу представлена асиметричною брахіантиклінальною складкою північно-західного залягання, розміри якої 7,5x7,5 км (Марков, 1969). Тарасівське підняття складене скидами, один із яких перетинає склепінну частину структури із південного сходу на південний захід та продовжується далі на південь, ускладнюючи західну перикліналь Єлизаветівської структури. Амплітуда порушення у склепінні підняття по покрівлі сеноману близько 200 м. По даним сейсмозвідки склепінна частина структури розбита дрібними порушеннями із амплітудою до 90 м, по яким опущена центральна частина підняття.

Федорівська структура по покрівлі сеноману – брахіантиклінальна складка північно-західного залягання із розмірами 6x4 км (Марков, 1960). Склепіння підняття ускладнене порушеннями, одне із яких має північно-західне простягання. Його амплітуда – 230 м.

Верхньо-Ланнівська структура представляє асиметричну брахіантиклінальну складку північно-західного залягання, із розмірами 11x15 км (Марков, 1960). Склепінна частина структури двома скидами розбита на 3 блоки, які занурюються із північного сходу на південний захід. По

відношенню до північно-східного блоку центральний опущений на 220 м, а південно-західний по відношенню до центрального – припіднятий на 80 м.

Красноградська структура по покрівлі сеноманського ярусу представляє собою брахіантиклінальну складку субширотного простягання із розмірами 4,5х4,5 км (Марков, 1960). Структура має складну блокову будову. Найбільш крупні порушення знаходяться по її периметру. Їх амплітуди складають близько 50-70 м. Структура ускладнена сіллю, глибина її залягання близько 1000 м.

Сагайдацька брахіантикліналь має північно-західне залягання. Структура ускладнена системою розломів різноманітного простягання, їх амплітуди від декількох метрів до 100-150 м. Загальна потужність порід осадового комплексу в межах структури перевищує 3000 м. Шток солі – на глибині близько 2400 м.

Крайовий південно-західний розлом є межею між південною крайовою зоною ДДЗ та бортовою частиною западини. У межах даної території ізогіпси поверхні кристалічного фундаменту досягають значень 1200 м, кут нахилу шарів близько 3-6⁰. Кристалічний фундамент тут порушений системою розломів, а осадова товща зібрана в чисельні складки, часто ускладнені сольовими штоками.

У дисертаційній роботі до уваги бралися наявні сучасні дані неотектонічних умов регіону досліджень по відбивальному горизонту IVб (Т) [15], у межах якого тектонічні порушення можуть безпосередньо впливати на формування якісного складу підземних вод зони активного водообміну. На рис. 2.5 показана карта-схема зі встановленими тектонічними порушеннями, на рис. 4.6 (розділ 4) – карта-схема інтенсивності сучасних (неоген-четвертинних) рухів земної кори як фактору, що впливає на активність гідрогеоміграційних процесів у межах цих порушень. Згідно цих даних, регіон досліджень відноситься до територій із наявною сучасною геодинамічною активністю земної кори.

Висновки до розділу 2

1. Проаналізовано природні чинники формування якісного складу питних підземних вод регіону досліджень – геологічні, гідрогеологічні, тектонічні умови території.

2. Детально охарактеризовано бучацько-канівські відклади, які тут мають повсюдне поширення з коливанням глибини залягання від 100 до 340 м. Охарактеризовано основні водоносні горизонти і комплекси, а також водотривкі товщі зони активного водообміну, які безпосередньо впливають на умови формування досліджуваних підземних вод. Детальна увага приділена характеристиці підземних вод бучацько-канівського водоносного комплексу, як основного джерела питного водопостачання території досліджень.

3. Визначено, що найбільш витриманою у розрізі та по площі є водотривка товща червоно-бурих та строкатих глин і мергелів київської світи, яка забезпечує відносно надійний захист бучацько-канівського водоносного комплексу від забруднювачів поверхневого характеру.

4. Важливим для формування якісного складу підземних вод є наявність у верхній частині бучацько-канівського комплексу та підшві київських мергелів та глин регіонального шару фосфоритових конкрецій, валовий вміст F^- в яких досягає 1,5 %.

5. З'ясовано, що територія досліджень характеризується складністю тектонічної будови (велика кількість соляно-купольних тектонічних структур та тектонічних розломів) та неотектонічних процесів (значна сучасна геодинамічна активність земної кори). Визначальну роль у формуванні хімічного складу підземних вод БКВК на досліджуваних водозаборах регіону мають розривні тектонічні порушення, пов'язані з Полтавським, Єлизаветівським, Тарасівським, Хрестищенським, Федорівським, Ланнівським, Красноградським, Сагайдацьким, Білоцерківським та деякими іншими соляними діапірами.

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГО-ГІДРОГЕОХІМІЧНИХ УМОВ БУЧАЦЬКО-КАНІВСЬКОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСУ

На території Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну одним із головних джерел питного водозабезпечення є підземні води бучацько-канівського водоносного комплексу. Станом на 01.01.2020 розраховані прогнозні ресурси підземних вод БКВК у межах регіону досліджень у кількості 12 377,4 тис. м³/добу, з яких 960,4 тис. м³/добу – розвідані та затверджені у ДКЗ/ТКЗ України та ДКЗ СРСР [96 та звітні матеріали ДНВП «Геоінформ України»]. БКВК є основним джерелом для централізованого водопостачання міст Миргород, Лубни, Лохвиця, Гребінка, Хорол, Пирятин, Решетилівка, Красноград, Богодухів та багатьох менших населених пунктів регіону. Об'єм затверджених запасів по основним водозаборах центральної частини ДДАБ наступний (по категоріям А+В+С₁): Красноградський – 26,1 тис. м³/добу, Гадяцький – 9,8, Зінківський – 8, Котелевський – 2,7, Карлівський – 38, Кобеляцький – 12, Лубенський – 30,4, Миргородський – 21,6, Пирятинський – 20, Решетилівський – 20, Хорольський – 14,8 тис. м³/добу (за звітними матеріалами ДНВП «Геоінформ України»).

При цьому видобувається наразі лише 1 % від прогнозних та 8 % – від затверджених запасів підземних вод [96, 116]. Тобто, є значний резерв вод цільового комплексу для можливого подальшого розширення їх використання.

На рис. 3.1, 3.2 показані встановлені у межах регіону робіт водозабори на бучацько-канівський водоносний комплекс.

Дані питні підземні води історично відзначалися високою якістю та стабільним хімічним складом. Але наразі для деяких урбанізованих територій регіону характерним є істотний техногенний пресинг на підземні води на фоні складної тектонічної будови та сучасної геодинамічної активності земної кори. У той же час БКВК є локально вразливим до забруднення як техногенного, так і

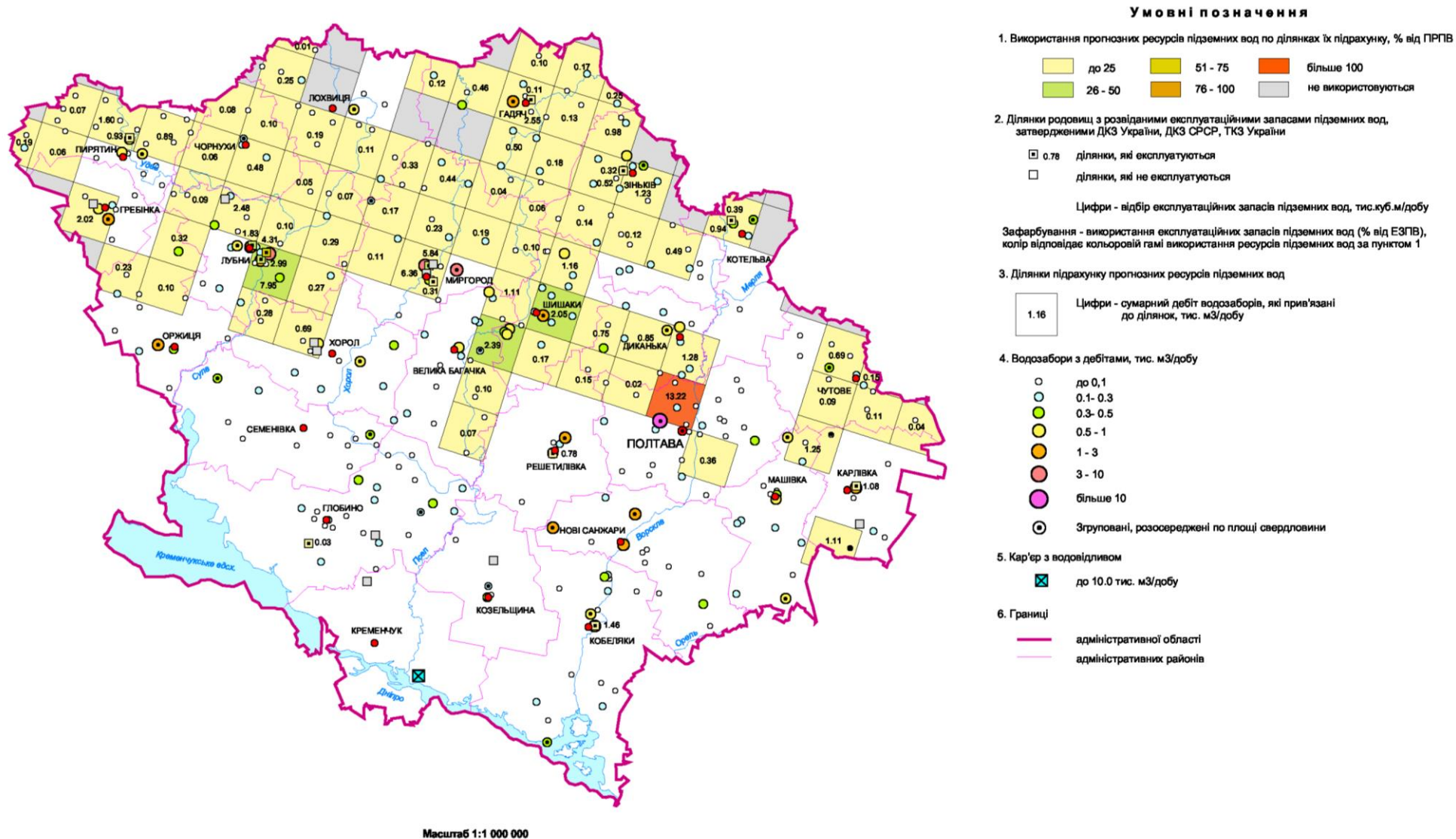


Рис. 3.1. Карта-схема Полтавської області зі встановленими водозаборами на БКВК (за звітними матеріалами ДНВП «Геоінформ України»)

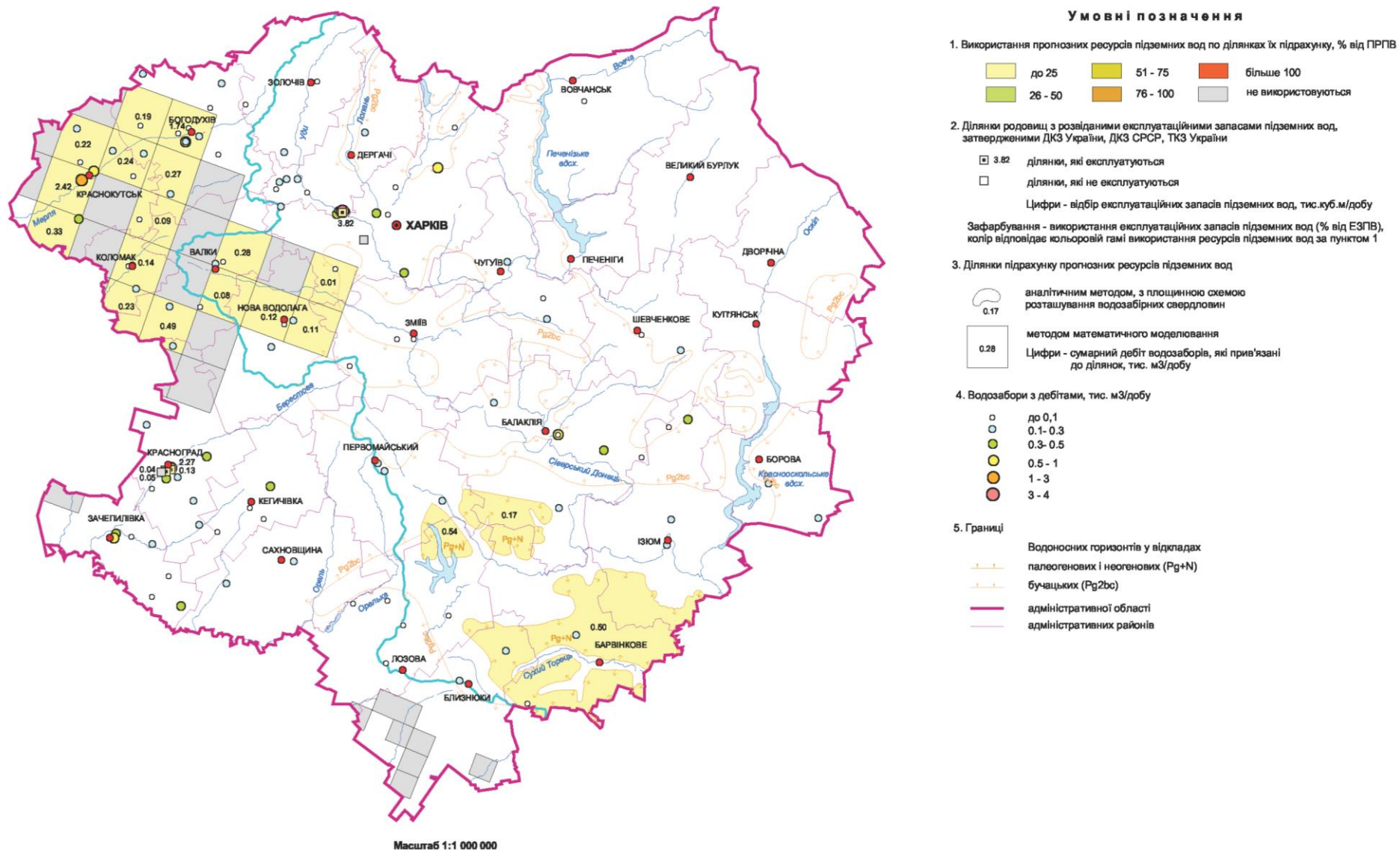


Рис. 3.2. Карта-схема Харківської області зі встановленими водозаборами на БКВК
(за звітними матеріалами ДНВП «Геоінформ України»)

природного характерів [58, 60]. Тому хімічний склад підземних вод в останній час зазнає значних змін. Як наслідок – у межах цих територій проблема екологічно якісних питних підземних вод стоїть особливо гостро, так як цільові води частково або повністю не придатні для питних цілей [17, 25, 47, 49, 57, 96, 103, 144, 145, 148 та ін.].

Вищенаведені особливості обумовили необхідність проведення комплексу геоекологічних досліджень, спрямованих на виділення природних і техногенних чинників, що впливають на якість та трансформацію хімічного складу підземних вод у даних техногенних та геологічних умовах з подальшою розробкою рекомендаційних заходів для покращення екологічної безпеки питного водопостачання регіону робіт.

Дослідження здобувача базувалися на зібраних і проаналізованих первинних матеріалах, отриманих здобувачем під час виконання науково-дослідних робіт, а також даних, отриманих Кременчуцькою та Харківською ГРЕ КП «Південукргеологія». Досліджено результати близько 1000 загальних хімічних аналізів проб підземних вод цільового комплексу із свердловин у межах регіону робіт протягом 1960-2020 рр. Проаналізовано результати буріння понад 450 свердловин регіону, пробурених на БКВК, та понад 500 – на вищезалігаючі комплекси, а також близько 500 замірів п'єзометричних рівнів сусідніх цільового та першого міжпластового комплексів за 60-річний період часу.

Також здобувачем зібрана та проаналізована інформація геоекологічного характеру – дані про техногенне навантаження на підземні води території (водовідбір на потужних водозаборах, рівневий режим експлуатаційних водоносних комплексів, наявність існуючих і потенційних джерел виснаження й забруднення підземних вод та характер їх розташування та ін.) [96, 116 та ін.]. Окремо використані наявні сучасні дані неотектонічних умов території досліджень [15].

3.1. Особливості еколого-гідрогеохімічних умов цільового водоносного комплексу у процесі довгострокової експлуатації

3.1.1. Регіональні особливості еколого-гідрогеохімічних умов БКВК

При дослідженні гідрогеохімічних умов цільових вод на водозаборах центральної частини ДДАБ, здобувачем запропонований підхід до вивчення еколого-гідрогеологічної трансформації якісного складу даних вод у сучасних природних і техногенних умовах, який базується на наступному [103]:

1) виявлення просторово-часових закономірностей змін хімічного складу вод БКВК протягом періоду активного техногенного впливу на ГС регіону (1960-2020 рр.);

2) визначення елементів-індикаторів, що характеризують трансформацію якісного складу вод та їх простеження на потужних водозаборах території робіт;

3) раціональне комплексування показників, які характеризують літологічні, гідрогеологічні та неотектонічні умови регіону для встановлення та дослідження природних і техногенних факторів дестабілізації якості цих вод на сучасному етапі.

Дослідження загального екологічного стану підземних вод БКВК у межах території робіт протягом саме періоду активної техногенезу ГС є основним для встановлення та систематизації гідрогеохімічних аномалій цих вод. При дослідженні гідрогеохімічних умов вод на водозаборах у межах території робіт, визначено ряд компонентів їх хімічного складу, які мають систематичні перевищення діючих нормативів (таблиця 3.1).

Після простеження основних елементів-забруднювачів, вирішувалася задача встановлення їх генезису в цільових підземних водах, а також простеження головних факторів формування хімічного складу цих вод.

Таблиця 3.1

**Компоненти хімічного складу підземних вод БКВК території робіт, по яким
встановлені систематичні перевищення діючих нормативів**

(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Показник, одиниці вимірювання	Значення у межах території досліджень	Діючий норматив (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [16]	Міські водозабори, на яких встановлені систематичні перевищення діючих нормативів
Поверхневий генезис			
NH_4^+ , мг/дм ³	0,0-2,1	$\leq 0,5$	Полтава, Хорол, Красноград
NO_2^- , мг/дм ³	0,0-2,0	$\leq 0,1$	Полтава, Хорол, Красноград
Глибинний генезис			
Мінералізація, мг/дм ³	260,0-5400,0	≤ 1000	Карлівка, Полтава, Котельва, Шишаки, Лохвиця, Миргород, Хорол, Лубни, Велика Багачка, Решетилівка, Чутове, Красноград, Богодухів
Cl^- , мг/дм ³	31,2-1110,0	≤ 250	Полтава, Карлівка, Котельва, Лохвиця, Миргород, Хорол, Лубни, Велика Багачка, Решетилівка, Чутове, Красноград
$\text{Fe}_{\text{заг.}}$, мг/дм ³	0,0-5,4	$\leq 0,2$	Карлівка, Полтава, Диканька, Опішня, Решетилівка, Зіньків, Гадяч, Лохвиця, Хорол, Лубни, Пирятин, Чорнухи, Чутове, Красноград, Богодухів
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$, мг/дм ³	25,6-652,3	≤ 200	Карлівка, Полтава, Миргород, Хорол, Лубни, Решетилівка, Чутове, Гадяч, Красноград
F^- , мг/дм ³	0,2-7,4	$\leq 1,5$	Карлівка, Полтава, Диканька, Котельва, Решетилівка, Хорол, Шишаки, Миргород, Лубни, Пирятин, Чорнухи, Велика Багачка, Чутове, Красноград, Богодухів
$\text{Br}^- + \text{B}^{3+} + \text{I}^-$ (сумарно), мг/дм ³	0,0-3,0	$\leq 0,55$	Карлівка, Полтава, Диканька, Котельва, Решетилівка, Гадяч, Миргород, Хорол, Лубни, Пирятин, Красноград
Змішаний генезис			
pH, од.	6,6-9,2	6,5-8,5	Полтава, Красноград
Si, мг/дм ³	2,0-18,7	≤ 10	Полтава, Красноград

При дослідженні гідрогеохімічні показники були розбиті на 2 групи:

- мінералізація та макрокомпоненти;
- характерні мікрокомпоненти.

Мінералізація та макрокомпоненти. При показниках мінералізації до 1500 мг/дм³ спостерігається строкатість макрокомпонентного складу, яка характерна для питних підземних вод досліджуваного району [2, 8, 11, 117 та ін.].

При показниках 1500 мг/дм³ і більше хімічний склад вод стає стабільним, з'являються чіткі лінії трендів показників макрокомпонентного складу (рис. 3.3, 3.4). В аніонному складі стрімко збільшується відносний вміст Cl⁻ (до 35-45 % екв.) та, відповідно, зменшується відносний вміст HCO₃⁻ (до 3-15 % екв.) і SO₄²⁻ (до 1,5-7,5 % екв.). Катіони стабілізуються до наступних показників: Na⁺+K⁺ – близько 45 % екв., Ca²⁺ – 2-4 % екв., Mg²⁺ – 1,5-4 % екв.

Тобто, збільшення мінералізації підземних вод комплексу у межах регіону вище 1500 мг/дм³ спричинене суто підвищенням відносного вмісту Cl⁻ та постійністю високого вмісту Na⁺+K⁺. Дані хімічні процеси не є характерними для вод комплексу в природних умовах та вказують на наявність сторонніх факторів формування цих вод. Було встановлено, що у близько 17 % відібраних проб підземних вод є перевищення вищенаведених критичних меж мінералізації та вмісту Cl⁻ (1500 мг/дм³ та 35 % екв. відповідно).

Таким чином, визначено, що підвищені значення мінералізації та вмісту Cl⁻, Na⁺+K⁺ не є характерними для первинного складу підземних вод БКВК, а є результатом впливу сторонніх факторів у процесі довгострокової експлуатації водозаборів регіону.

Характерні мікрокомпоненти були розділені на 2 групи:

1) NH₄⁺, NO₂⁻. Для встановлення генезису даних компонентів у водах БКВК, простежено їх вміст у поверхневих водах у межах територій, де спостерігаються підвищені значення (м.м. Полтава, Хорол, Красноград). На основі даних Полтавського та Харківського регіонального управлін'я водних ресурсів, проаналізовано хімічний склад у водах річок Ворскла, Свинківка, Тарапунька, Хорол та Берестова. Значення NH₄⁺ у них досягає 2-4,7 мг/дм³, а

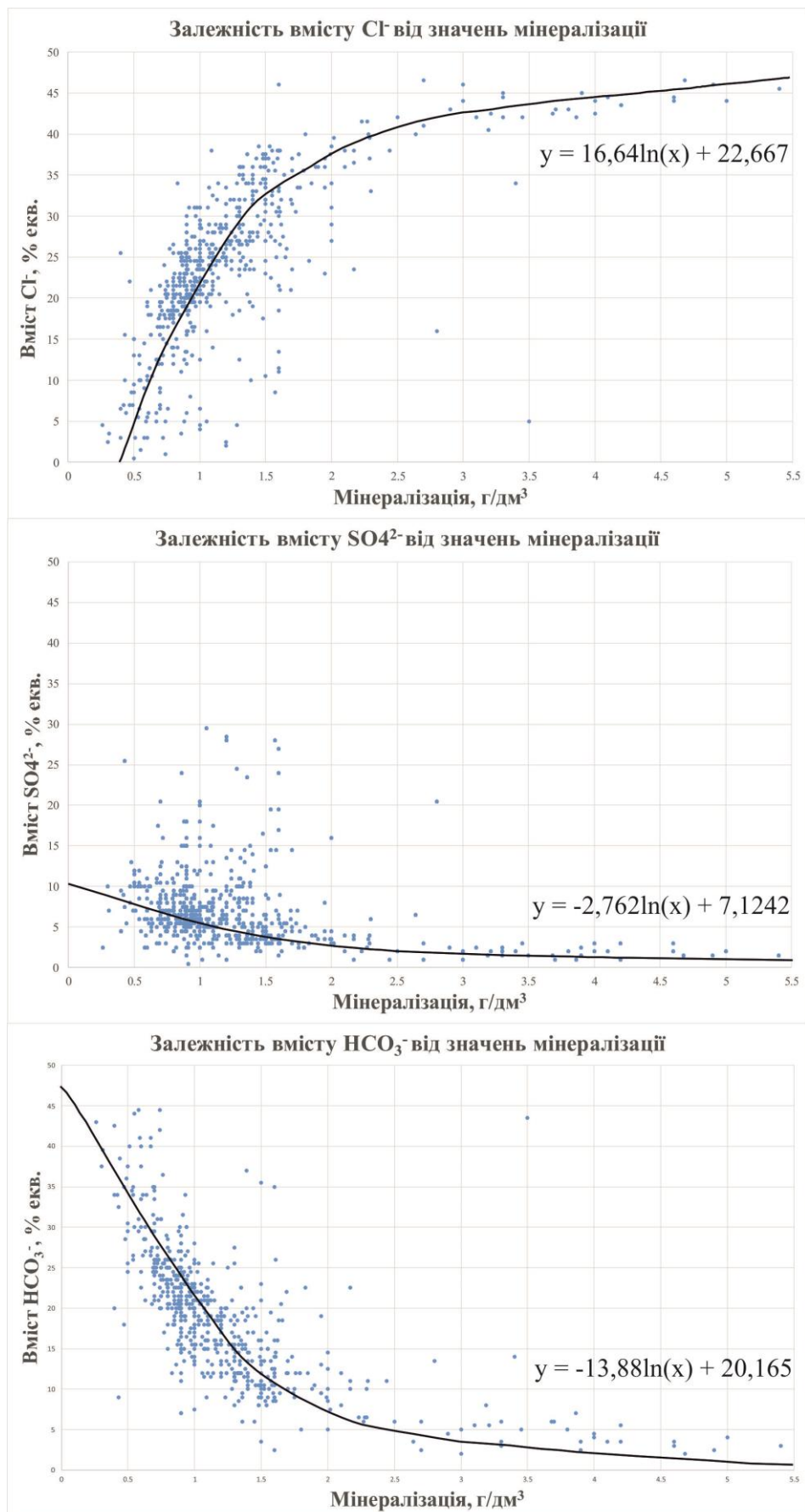


Рис. 3.3. Графіки залежності вмісту аніонів від значень мінералізації підземних вод БКВК (побудовано автором)

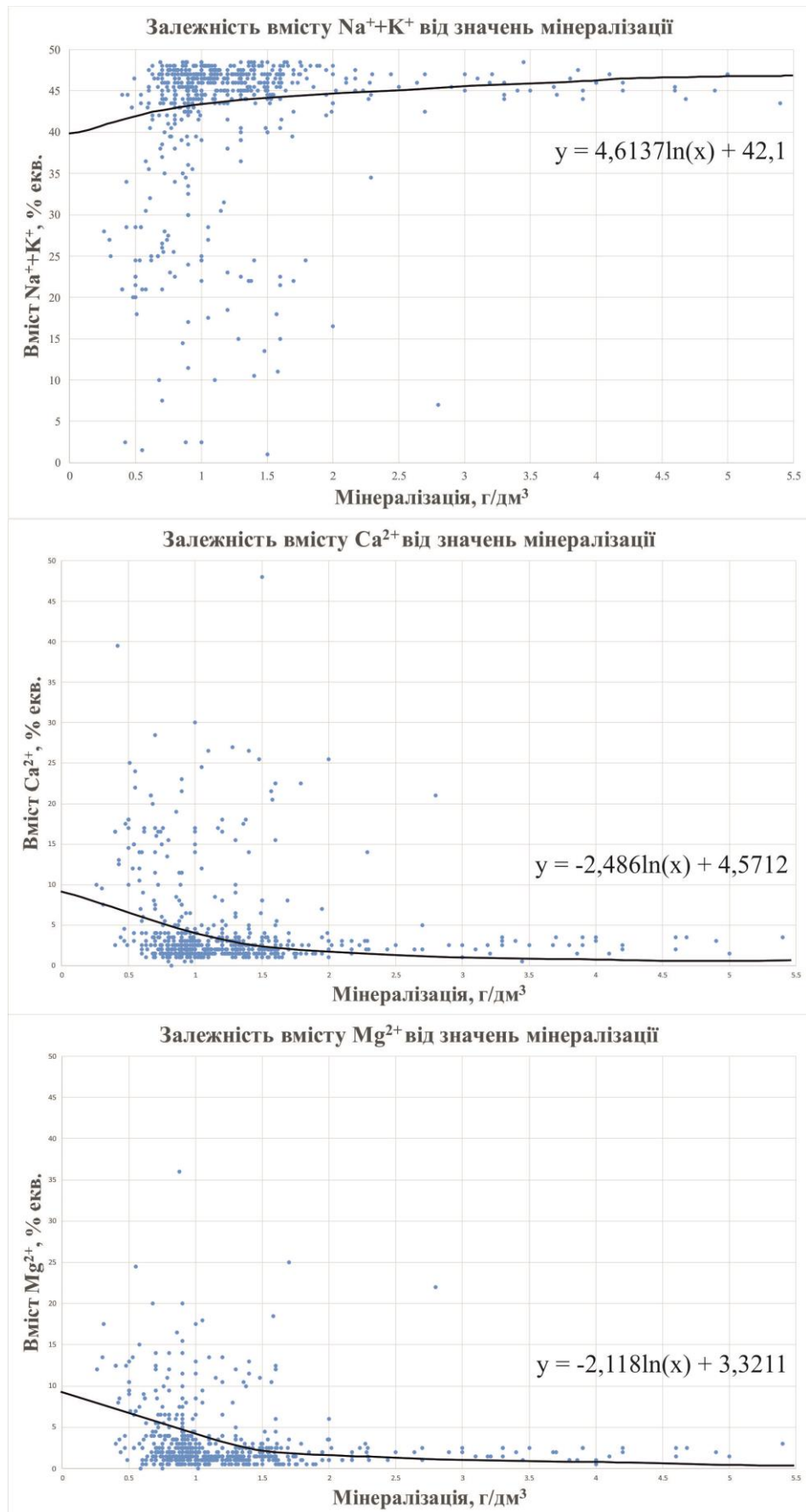


Рис. 3.4. Графіки залежності вмісту катіонів від значень мінералізації підземних вод БКВК (побудовано автором)

NO_2^- – 1,4-2,7 мг/дм³. Це підтверджує поверхневий характер даних забруднювачів. Їх вміст залежить, скоріш за все, від сезонних агропромислових факторів (внесення мінеральних добрив на сільськогосподарські поля та ін.).

2) F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , B^{3+} , J^- . Встановлено, що дані елементи-забруднювачі є превалюючим фактором погіршення якості цільових підземних вод, так як простежені на більшості крупних водозаборів території. Було визначено, що для даних мікрокомпонентів характерна динаміка до збільшення їх вмісту у процесі активної експлуатації потужних водозаборів регіону (рис. 3.5). Кількість понаднормових значень їх вмісту [16] зростає: F^- – із 38 % до 63 %, $\text{Fe}_{\text{заг.}}$ – із 19 % до 66 %, Br^- , B^{3+} , J^- – із 23 % до 63 %.

Основними еколого-гідрогеологічними чинниками підвищеного вмісту у воді $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, вірогідніше за все, є:

- значна кількість глауконіту в шарі-колекторі [17];
- додаткове підживлення водами комплексу у сеноман-нижньокрейдових відкладах, оскільки у цьому випадку концентрація кисню у бучацько-канівському комплексі зменшується і міграційна здатність $\text{Fe}_{\text{заг.}}$ підвищується [17];
- додаткове надходження компонента глибинного походження [39, 85, 89, 98].

Останній чинник (глибинне походження) характерний і для Br^- , B^{3+} , J^- [39, 45, 85, 89, 98].

F^- був визначений як провідний елемент-індикатор трансформації складу цільових вод та відноситься до елементів II класу небезпеки [16]. Результати дослідження підвищеного вмісту цього показника у підземних водах БКВК наведені у розділі 3.2.

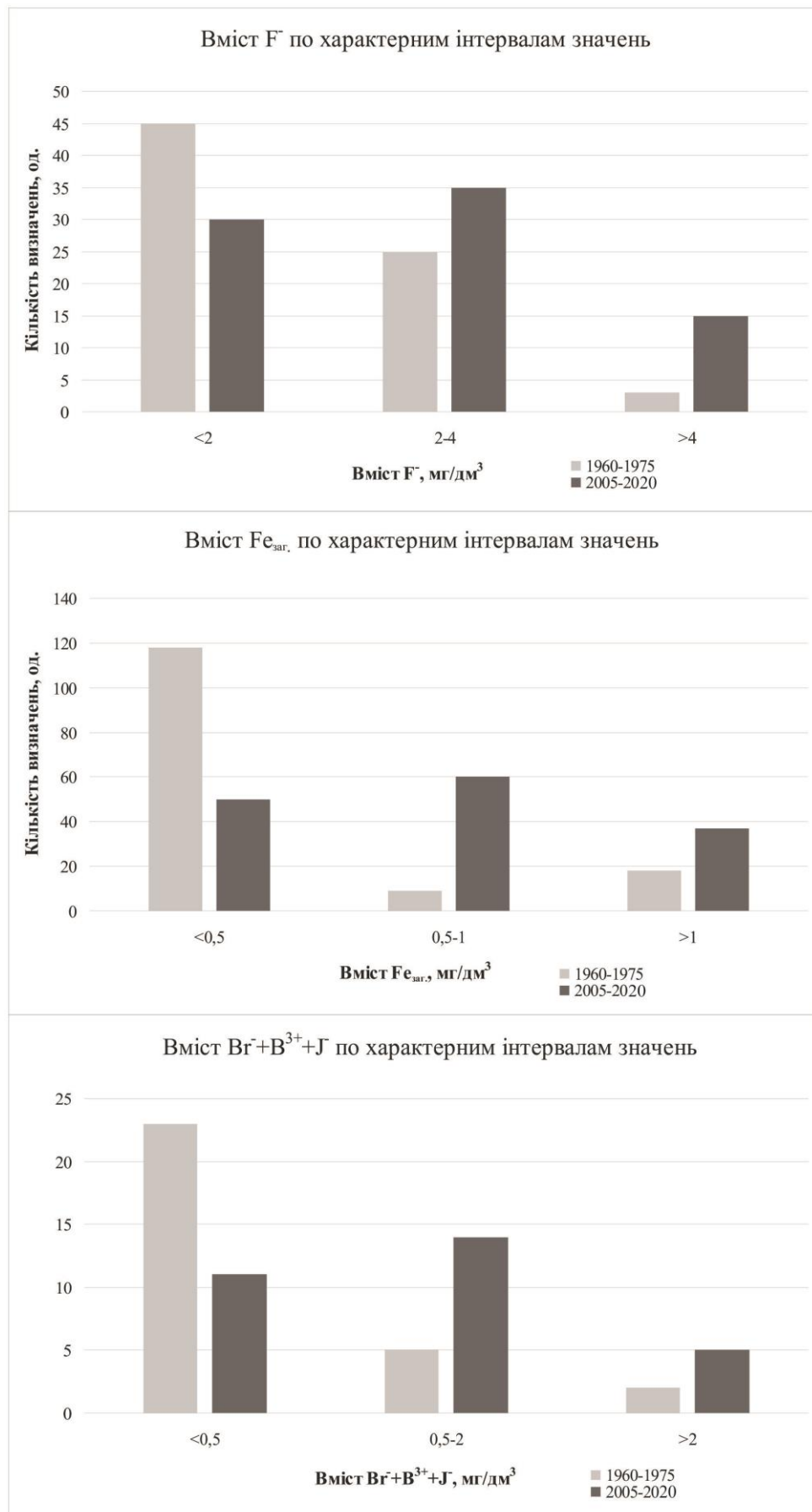


Рис. 3.5. Динаміка змін мікрокомпонентного складу підземних вод БКВК
(побудовано автором)

3.1.2. Особливості еколого-гідрогеохімічних умов БКВК на типових водозаборах

При гідрогеохімічних дослідженнях цільових підземних вод були виявлені близько 20 потужних міських водозаборів регіону, на яких простежені систематичні перевищення деяких компонентів хімічного складу діючих нормативів (таблиця 3.1). Найбільш характерними із яких є водозабори мм. Полтава, Карлівка, Красноград, Лубни, Хорол, Решетилівка. У межах цих територій проблема екологічно якісних питних підземних вод стоїть особливо гостро. Так як води цільового комплексу частково або повністю не придатні для питних цілей [17, 25, 47, 144, 145 та ін.].

Дані водозабори були визначені як типові для БКВК центральної частини ДДАБ, так як знаходяться у подібних техногенних та геологічних умовах, які є характерними для усієї території досліджень. Далі наводиться характеристика цих водозаборів.

Як було визначено у роботах КП «Південукргеологія» [17 та ін. звітні матеріали], для регіону робіт характерний значний гідравлічний та гідрогеохімічний зв'язок між бучацько-канівським та сеноман-нижньокрейдовим водоносними комплексами, який активізувався у процесі інтенсифікації водовідбору підземних вод. Для прикладу, на рис. 3.6 представлені дані рівневого режиму вод бучацько-канівського та двох нижчезалягаючих комплексів на водозаборі с. Вісичі, 25 км від м. Полтава. Ці дані доводять цей зв'язок.

Тому у межах водозаборів міст Полтава та Лубни, де спостерігаються одні з найактивніших водовідборів із СНВК, досліджувалися еколого-гідрогеохімічні особливості вод обох комплексів.

Подальший опис геологічних та технічних умов водозаборів мм. Полтава, Карлівка, Красноград, Лубни, Хорол, Решетилівка наводиться за звітними матеріалами КП «Південукргеологія» та ДНВП «Геоінформ України».

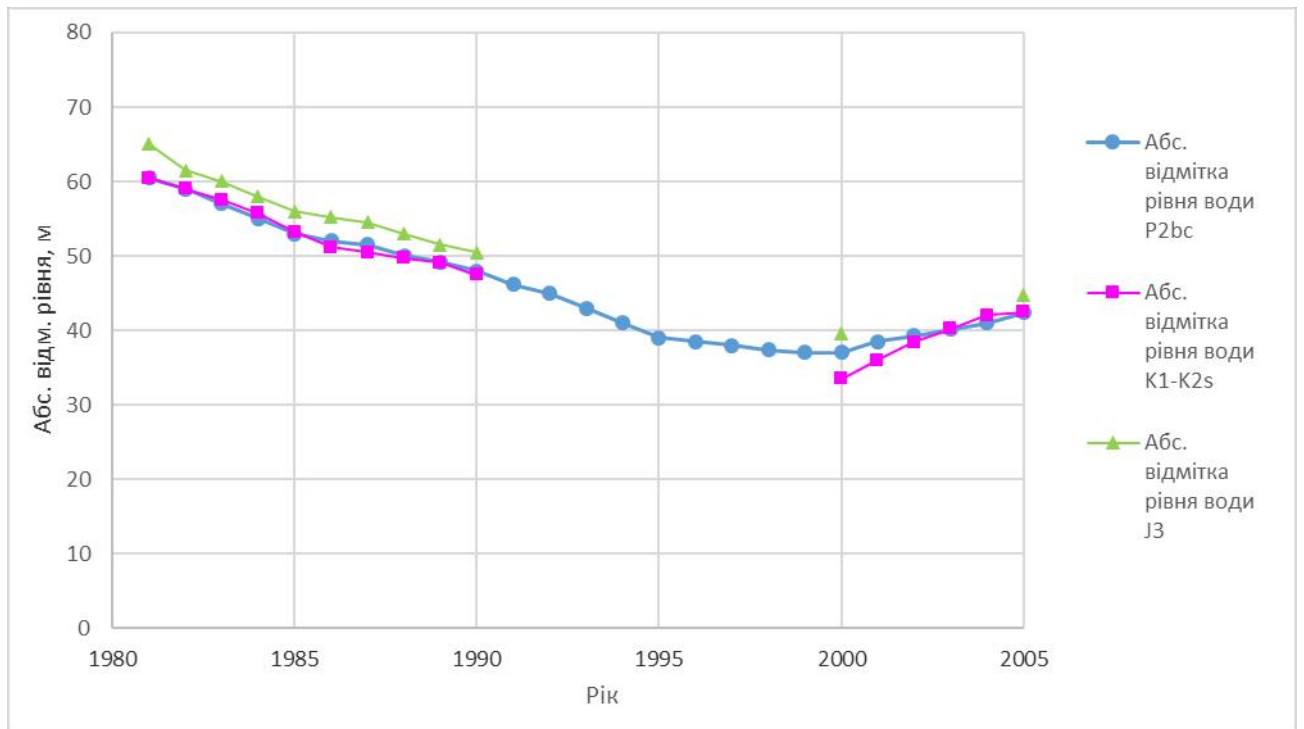


Рис. 3.6. Графіки рівневого режиму підземних вод бучацько-канівського, сеноман-нижньокрейдового та юрського водоносних комплексів протягом 1980-2005 рр. на водозаборі с. Вісичі, Полтавський район (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Водозабори м. Полтава. Водовмісними породами для БКВК є дрібно- й тонкозернисті, рідше – середньозернисті кварцово-глауконітові піски. Глибина покрівлі змінюється від 40-50 м до 200 м, потужність пісків – від 10 до 75 м. Найбільша потужність спостерігається у міжструктурних прогинах і компенсаційних западинах. Величина напору сягає 120-150 м, п'езометричні рівні залежно від гіпсометрії місцевості встановлюються на різних глибинах.

Загальний водовідбір по БКВК у місті та прилеглих територіях із більше 30 діючих свердловин наразі становить близько 15,6 тис. м³/добу. Водовідбір зі свердловин змінюється від 4 до 348 м³/добу. При цьому прогнозні ресурси даного водоносного комплексу у межах цієї території оцінені у 74,4 тис. м³/добу. Тобто, ступінь їх освоєності наразі складає 21 % (за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»).

Наразі в районі м. Полтава існують близько 10 мереж водозаборів, які у різні часи експлуатували БКВК. Дані водозабори працюють у переривчастому режимі.

На водозаборах ПАТ «Полтавський турбомеханічний завод» починаючи з 2003 р. БКВК не експлуатується. Експлуатаційні запаси підземних вод комплексу затверджені у кількості 640 м³/добу (водозабір «Тарапунька») та 253 м³/добу (водозабір «Ливарне») (протокол ДКЗ України № 2226 від 01.04.2011).

На водозаборі «Тарапунька» (пн.-зх. частина міста) на БКВК обладнана свердловина № 1299-Р глибиною 227 м, що пробурена в 1978 р. Водонесний комплекс залягає на глибині 181,5 м, його потужність 45,5 м, дебіт свердловини 2,58 дм³/с при зниженні рівня на 22,8 м, питомий дебіт – 0,11 дм³/с*м. Величина коефіцієнту водопровідності складає 29 м²/добу. Глибина п'єзометричного рівня – 111,5 м. Графіки режимних спостережень за експлуатацією водозабору наведені на рис. 3.7.

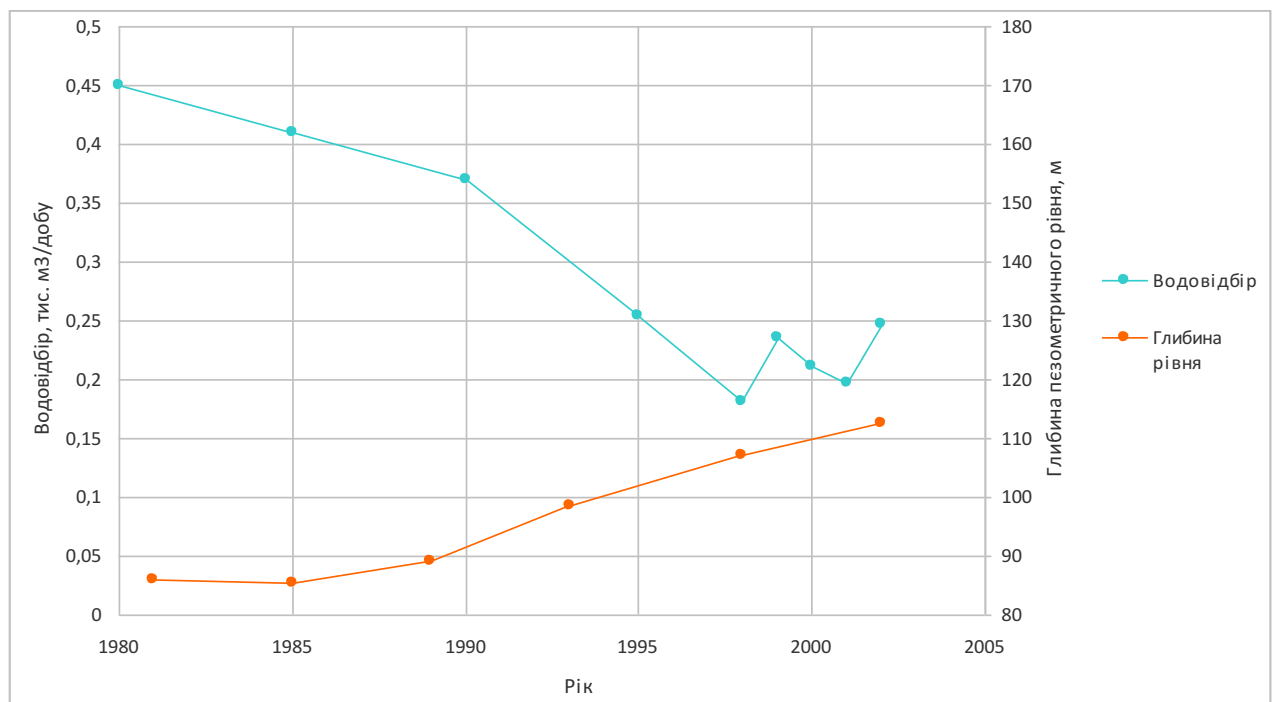


Рис. 3.7. Дані режимних спостережень на водозаборі «Тарапунька» м. Полтава за 1980-2002 рр. (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

На водозаборі «Ливарне» (схід міста) на БКВК обладнані свердловини №№ 4271/4 і 4271/6 глибиною 176 м, які пробурені в 1981 р. Комплекс залягає на глибині 106-108 м, його повна потужність коливається від 56 до 64 м. Дебіти свердловин – 11 дм³/с при зниженні рівня на 25,9 м і 13,3 дм³/с при зниженні рівня на 40 м, питомі дебіти – 0,2-0,33 дм³/с*м.

Водозабір ЗАТ «Полтавська птахофабрика-1» (північ міста) складається із 2 свердловин глибиною 220 м. Покрівля БКВК встановлена на глибині 194,3 м, його розкрита потужність – 25,8 м. Дебіти свердловин складають 12 м³/год при зниженні на 28,5 м, питомий дебіт – 0,42 м³/год*м. Видобуток води складає 11,4 тис. м³/рік при ліміті 12,9 тис. м³/рік. Глибина п'езометричного рівня 113,5 м.

Водозабір ЗАТ «Полтавська птахофабрика-2» (південь міста) складається із 2 свердловин глибиною 225-230 м. Глибина покрівлі комплексу 198 м, його розкрита потужність – 27-32 м. Дебіти свердловин змінюються з 11 м³/год при зниженні 20 м до 17 м³/год при зниженні 26,7 м, питомі дебіти – 0,55-0,64 м³/год*м. Фактичний видобуток води складає 38,2 тис. м³/рік при ліміті 49,4 тис. м³/рік. Глибина п'езометричного рівня – 109 м.

На водозаборі ЗАТ «Полтавська птахофабрика-3» (с. Мачухи, на південь від міста) експлуатуються 2 свердловини глибиною 220 м. Глибина БКВК тут складає 183-186 м, розкрита потужність – 34-37 м. Дебіт обох свердловин складає 12 м³/год при зниженні 20 м, питомий дебіт – 0,6 м³/год*м. Фактичний видобуток води на водозаборі – 0,6 тис. м³/рік. Глибина п'езометричного рівня – 130 м.

Водозабір ЗАТ «Полтавська птахофабрика-4» (с. Івонченці, на північ від міста) складається із 2 свердловин, одна з яких діюча, інша – резервна. Глибина свердловин 203 м, покрівлі БКВК – 190 м, розкрита потужність комплексу – 13 м. Дебіт свердловин складає 7,6 м³/год при зниженні 18,5 м, питомий дебіт – 0,41 м³/год*м. Фактичний видобуток води складає 2,4 тис. м³/рік при ліміті 7,5 тис. м³/рік. Глибина п'езометричного рівня – 98 м.

На водозаборі ВАТ «Електромотор» (південь міста) експлуатується одна свердловина глибиною 242 м. Глибина залягання покрівлі цільового комплексу 211,3 м, його розкрита потужність – 30 м, глибина п'єзометричного рівня – 115 м. Дебіт свердловини 12 м³/год при зниженні 21,6 м, питомий дебіт – 0,56 м³/год*м. Водовідбір складає 36,2 тис. м³/рік.

У межах водозабору ТОВ «Фірма «Мінерал»» (центр міста) експлуатуються 2 свердловини глибиною 132-144 м. Глибина залягання покрівлі БКВК становить 116-128 м, його розкрита потужність 16 м, глибина п'єзометричного рівня води – 50 м. Дебіт свердловин складає 4 м³/год при зниженні 20 м та 5 м³/год при зниженні 30 м, питомий дебіт – 0,2 м³/год*м. Фактичний видобуток води складає 12 тис. м³/рік при ліміті 44,4 тис. м³/рік. Затверджені запаси складають 240 м³/добу (протокол ДКЗ України № 3619 від 04.08.2016).

Водозабір «Завод Лтава-1» (центр міста) експлуатується з 2005 р. однією свердловиною глибиною 207 м. Глибина покрівлі цільового комплексу – 180 м, його розкрита потужність 27 м, глибина п'єзометричного рівня води – 109,3 м. Дебіт свердловини складає 9 м³/год при зниженні 26,2 м, питомий дебіт – 0,34 м³/год*м. Графіки режимних спостережень за експлуатацією водозабору наведені на рис. 3.8.

Водозабір «Завод Лтава-2» (захід міста) працює з 2002 р. за допомогою однієї свердловини глибиною 220 м. Розкритий інтервал БКВК – 185-220 м. Глибина п'єзометричного рівня води – 108,9 м. Дебіт свердловини складає 9 м³/год при зниженні 10,9 м, питомий дебіт – 0,83 м³/год*м.

Фактичний видобуток води по цим двом ділянкам складає 61,9 тис. м³/рік при ліміті 107,1 тис. м³/рік. Їх затверджені загальні запаси дорівнюють 432 м³/добу (протокол ДКЗ України № 3363 від 20.05.2015).

Спостереження за гідрогеохімічними показниками якісного складу проводилися на 10 міських водозаборах, які експлуатують БКВК, та, додатково, на 8 водозаборах та 5 поодиноких свердловинах у межах міста та прилеглий території із експлуатацією СНВК (водозабори №№ 1-5 Полтавського ВУЖКГ,

ПРАТ «ПОЕЗ-Кернел-Груп», «Тарапунька», «Браїлівське», сс. Стехівка, Кротенки, Куликове, Судіївка, Безручки).

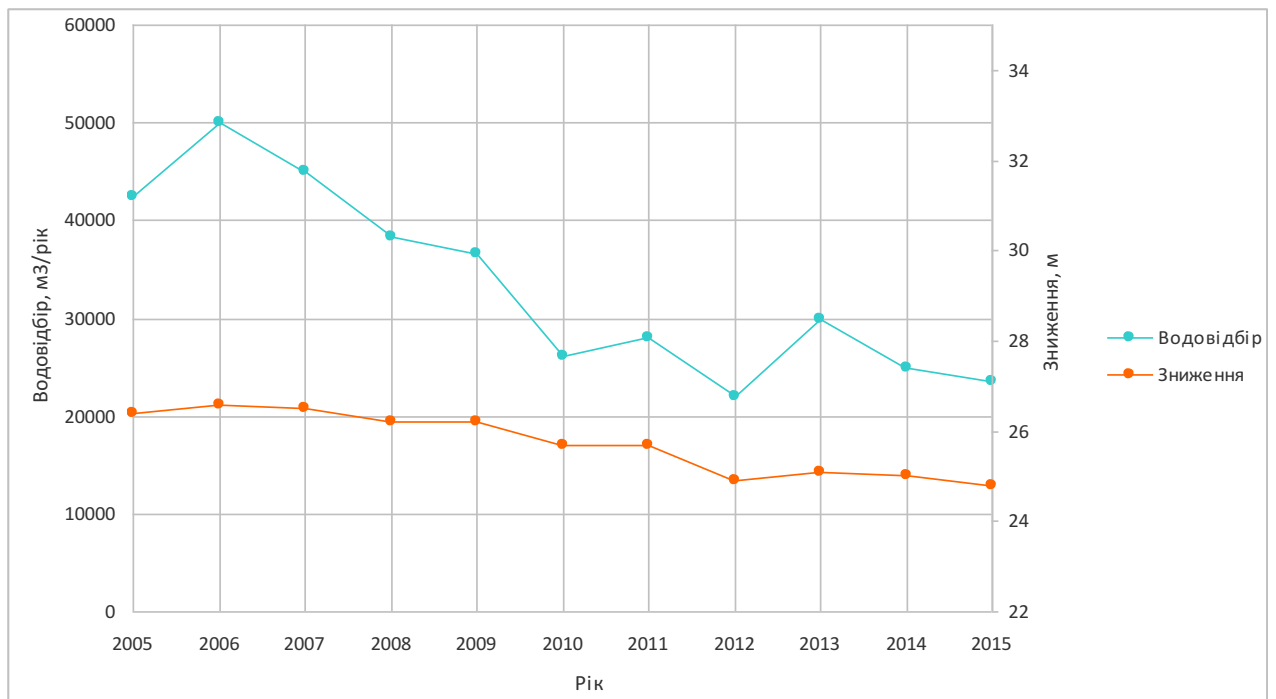


Рис. 3.8. Дані режимних спостережень на водозаборі «Завод Лтава-1» м. Полтава за 2005-2015 рр. (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Аналіз просторово-часових закономірностей змін вмісту елементів-індикаторів в експлуатаційних у межах міста підземних водах показав, що факторами впливу на якісний склад цих вод наразі є:

1) збільшення загального водовідбору підземних вод та, як наслідок, зниження їх рівнів. Найбільшої трансформації склад вод БКВК зазнав у 1976-1995 рр. (збільшення значень компонентів склало 81-90 % від початкових) (таблиці 3.2, 3.3). Цей період характерний стрімкими змінами режиму експлуатації водоносних комплексів: значне збільшення водовідбору (із 95 до 187 тис. м³/добу) та зниження рівнів експлуатаційних підземних вод (на 86 % відносно початкових значень) призвели до утворення глибоких депресійних ліжок із максимальними глибинами близько 40 м (БКВК) і 82 м (СНВК);

Таблиця 3.2

Зміна хімічного складу підземних вод БКВК на водозаборах м. Полтава
(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Період часу, рр.	Усереднена формула Курлова складу підземних вод	
	водозабори на сході міста (Полтавський соляний діапир)	водозабори інших ділянок міста
1978-1983	$M0,98 \frac{Cl^{-}50 HCO_3^{-}36 SO_4^{2-}14}{Na^{+}+K^{+}70 Ca^{2+}15 Mg^{2+}15}$	$M0,6 \frac{HCO_3^{-}49 Cl^{-}36 SO_4^{2-}15}{Na^{+}+K^{+}52 Ca^{2+}28 Mg^{2+}20}$
2005-2020	$M1,37 \frac{Cl^{-}65 HCO_3^{-}25 SO_4^{2-}10}{Na^{+}+K^{+}86 Ca^{2+}8 Mg^{2+}6}$	$M0,9 \frac{HCO_3^{-}41 Cl^{-}41 SO_4^{2-}18}{Na^{+}+K^{+}66 Ca^{2+}19 Mg^{2+}15}$

Таблиця 3.3

Дані гідрогеохімічних спостережень на водозаборах м. Полтава
(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Водоносний комплекс	Роки спостережень	Мінералізація, мг/дм ³		СГ, мг/дм ³		F ⁻ , мг/дм ³		Br ⁻ +B ³⁺ +J ⁻ (сумарно), мг/дм ³	
		Схід міста	Інші ділянки	Схід міста	Інші ділянки	Схід міста	Інші ділянки	Схід міста	Інші ділянки
БКВК	1978-1983	980	500-770	397	150-275	2,7	2,2-2,9	0,65	0,23-0,76
	1985-1995	1452	700-1100	588	199-325	7,4	3,4-4,0	2,0	0,7-1,2
	2005-2020	1390	667-1050	520	188-316	6,5	3,1-3,6	1,2	0,66-1,12
СНВК	1960-1965	1050-1308	575-875	398-498	253-405	1,5-2,5	0,45-1,5	0,9-1,5	0,47-1,31
	1980-1995	1500-1806	753-1267	575-650	294-480	3,9-4,0	0,76-1,9	2,1-2,5	0,85-1,78
	2005-2020	1447-1800	680-1250	503-587	231-415	3,6-3,7	0,5-2,0	1,8-2,5	0,52-1,7

2) значний гідравлічний та гідрогеохімічний зв'язок між БКВК та СНВК, що підтверджується синхронними змінами якісного складу та рівневого режиму комплексів (таблиця 3.3);

3) наявність у розрізі надр східної околиці міста Полтавського соляного діапіру та пов'язаних з ним тектонічних порушень; також за рахунок геоструктурних факторів – різке зменшення потужності та збільшення тріщинуватості мергельно-крейдового водотриву у підшві цільового

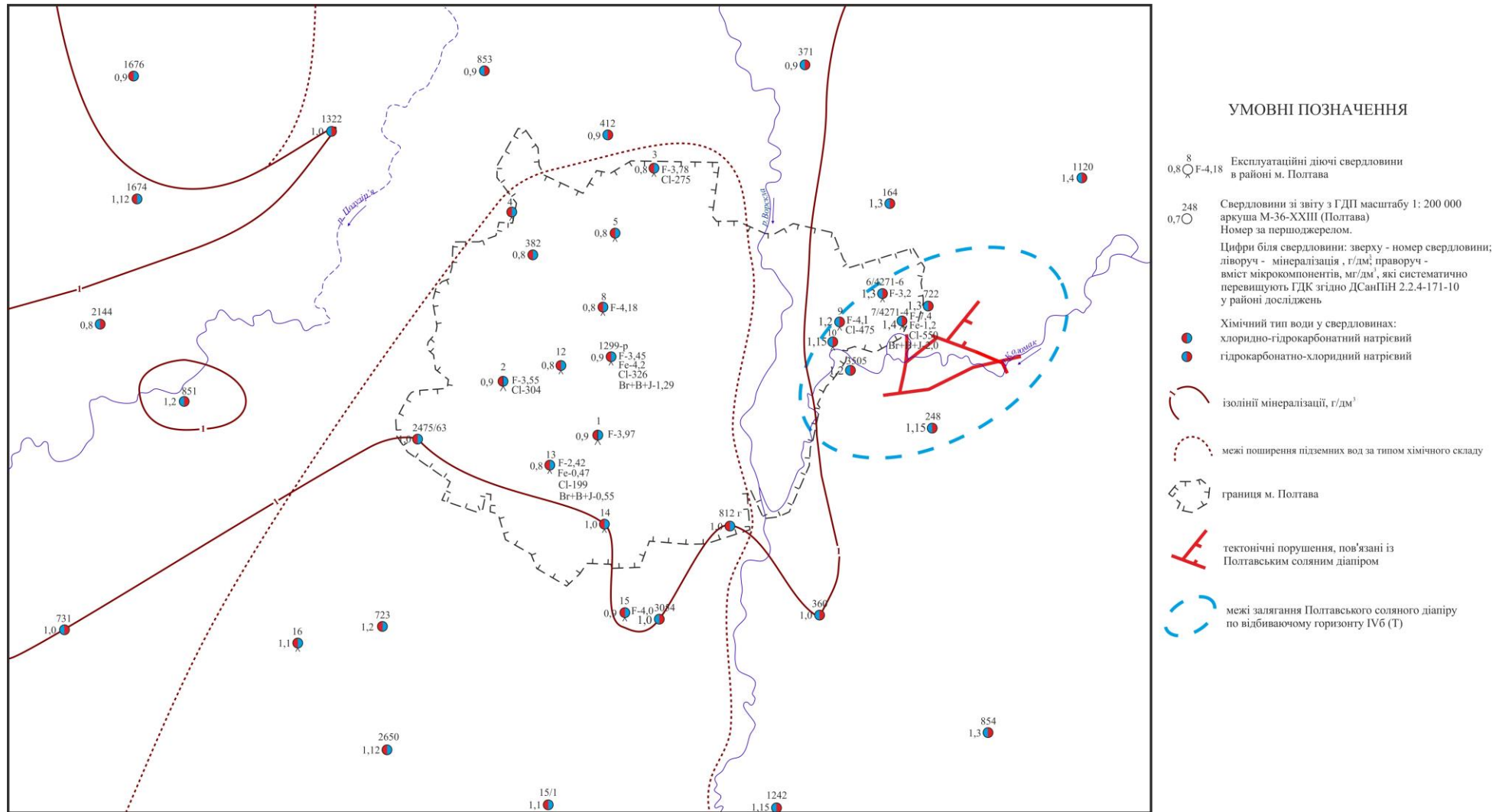


Рис. 3.10. Гідрогеохімічна карта-схема БКVK у районі водозаборів м. Полтава (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Водозабори м. Карлівка. На водозаборах міста затверджені запаси підземних вод по БКВК у об'ємі 38 тис. м³/добу. Водовідбір із комплексу складає 2,8 тис. м³/добу із затверджених запасів та 0,5 тис. м³/добу із незатверджених (за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»).

Нижньоланнівський водозабір (на південний схід від міста) почав працювати у 1965 р. і продовжував свою роботу до 1995 р. з водовідбором, який не перевищував 0,9 тис. м³/добу при затверджених запасах за категорією С₁ в кількості 9,7 тис. м³/добу.

Центральний водозабір (територія міста) запусканий у роботу в 1964 р. та продовжує експлуатуватися і зараз. Графік коливання водовідбору на даному водозаборі за період 1985-2015 рр. наведений на рис. 3.11. Водовідбір весь час коливався у межах 2,5-9,0 тис. м³/добу та не перевищував величини затверджених запасів – 11,5 тис. м³/добу за категоріями А+В.

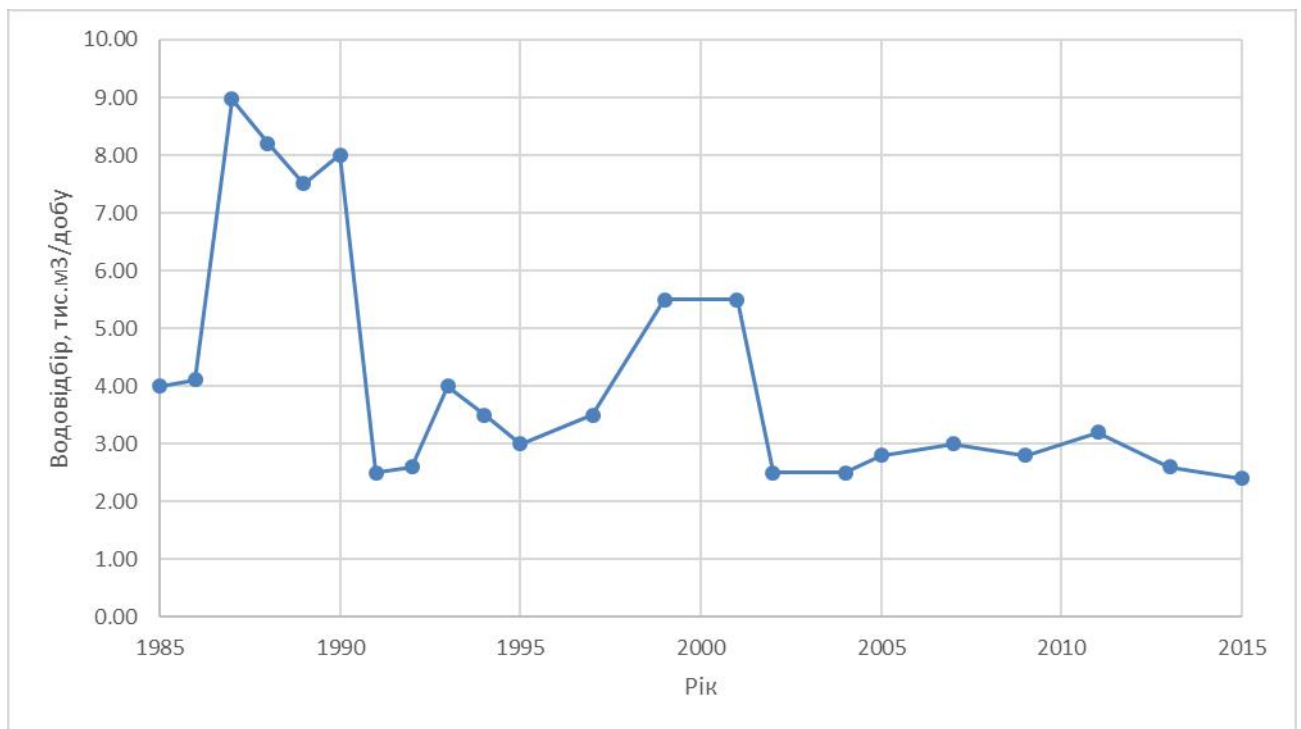


Рис. 3.11. Дані водовідбору на Центральному водозаборі м. Карлівка за 1985-2015 рр. (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Досліджувалися дані по 2 водозаборах із затвердженими запасами та по 15 поодиноким свердловинам поза межами міста. Встановлено, що води цільового водоносного комплексу мають максимальні мінералізацію, вміст Cl^- та характерних мікрокомпонентів лише у зонах впливу Тарасівської, Єлизаветівської, Верхньоланнівської та Федорівської тектонічних структур, у межах яких залягають однойменні соляні діапіри та пов'язані з ними тектонічні порушення (рис. 3.12). Підземні води центральної ж частини ділянки, розташованої поза межами структур, мають, в основному, фонові гідрогеохімічні показники (таблиці 3.4, 3.5).

Таблиця 3.4

Зміна хімічного складу підземних вод БКВК на водозаборах м. Карлівка

(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Період часу, рр.	Усереднена формула Курлова складу підземних вод	
	водозабори у межах Єлизаветівського, Тарасівського і Федорівського соляних діапірів	водозабори інших ділянок міста
1964-1970	$M1,3 \frac{\text{Cl}55 \text{HCO}_3^-36 \text{SO}_4^{2-}9}{\text{Na}^++\text{K}^+78 \text{Ca}^{2+}12 \text{Mg}^{2+}10}$	$M1,03 \frac{\text{HCO}_3^-45 \text{Cl}40 \text{SO}_4^{2-}15}{\text{Na}^++\text{K}^+72 \text{Ca}^{2+}15 \text{Mg}^{2+}13}$
2005-2020	$M1,92 \frac{\text{Cl}77 \text{HCO}_3^-19 \text{SO}_4^{2-}4}{\text{Na}^++\text{K}^+94 \text{Ca}^{2+}3 \text{Mg}^{2+}3}$	$M1,32 \frac{\text{Cl}50 \text{HCO}_3^-41 \text{SO}_4^{2-}9}{\text{Na}^++\text{K}^+82 \text{Ca}^{2+}9 \text{Mg}^{2+}9}$

Таблиця 3.5

Дані гідрогеохімічних спостережень на водозаборах м. Карлівка

(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Роки спостережень	Мінералізація, мг/дм ³		Cl^- , мг/дм ³		F^- , мг/дм ³		$\text{Br}^-+\text{B}^{3+}+\text{J}^-$ (сумарно), мг/дм ³	
	У межах соляних діапірів	Поза межами соляних діапірів	У межах соляних діапірів	Поза межами соляних діапірів	У межах соляних діапірів	Поза межами соляних діапірів	У межах соляних діапірів	Поза межами соляних діапірів
1964-1970	1305-1400	1000-1050	455-515	275-320	3,0-3,6	2,1-2,3	0,9-1,2	0,3-0,34
2005-2020	1770-2000	1300-1310	660-800	390-400	4,5-6,0	3,0-3,2	2,0-2,6	0,89-1,0

Водозабори м. Красноград. У межах даної території БКВК залягає на глибинах від 88 до 95 м та представлений пісками дрібно- і середньозернистими глауконіт-кварцовими. Його потужність 30-41 м. Водозбагаченість комплексу відносно витримана по площі та характеризується значеннями коефіцієнтів водопровідності від 100 до 328 м²/добу.

Дебіти експлуатаційних свердловин на водозаборах міста досягають 2,0 тис. м³/добу. Дебіти розвідувальних свердловин склали 5-8 дм³/с при зниженнях 12-15 м, удільні дебіти – від 0,4 до 1,0 дм³/с*м.

П'єзометричний рівень водоносного комплексу у непорушених умовах встановлювався на глибинах 90-100 м. У результаті інтенсивного водовідбору як на Красноградських водозаборах, так і в цілому в регіоні, рівень знизився на 35-49 м. Як наслідок – у районі м. Красноград утворилася депресійна лійка, яка є фрагментом на фоні обширної регіональної депресії із центром у районі Полтавських водозаборів.

Зростання темпів водовідбору, а разом з тим – і депресійної лійки, відбувалося до 1985 р. Із середини 1985 р. темп зниження рівня в експлуатаційних свердловинах Красноградських водозаборів відповідав темпу зниження всієї обширної буцацько-канівської депресії.

У межах міста у 1986 р. були затверджені запаси підземних вод БКВК в об'ємі 19,6 тис. м³/добу (Протокол ДКЗ СРСР № 4546 від 23.04.1986), із яких наразі близько 3 тис. м³/добу складає постійний водовідбір (за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»).

Водозабір Красноградської південної залізниці (південна частина міста) працює з 1967 р. та складається із однієї свердловини. Продуктивність водозабору – 0,5 тис. м³/добу. Максимальний водовідбір складав 0,3 тис. м³/добу, але з 1997 р. не перевищував 0,2 тис. м³/добу при затверджених запасах за категоріями А+В в кількості 1,0 тис. м³/добу.

На *Натальнинському водозаборі* (на південь від міста) експлуатуються 2 свердловини. Водовідбір з 2003 р. не перевищував 0,2 тис. м³/добу при затверджених запасах 0,8 тис. м³/добу за категоріями А+В.

Водозабір Красноградського м'ясокомбінату (захід міста) працював з 1967 по 2004 рр. та складався із 3 свердловин. Максимальний водовідбір складав 1,7 тис. м³/добу при затверджених запасах підземних вод за категоріями А+В в кількості 3,0 тис. м³/добу.

Водозабір Красноградського виробничого управління водно-каналізаційного господарства (центр міста) експлуатується з 1958 р. та складається із 8 свердловин. На рис. 3.13 наведені графіки режимних спостережень на даному водозаборі. При затверджених запасах за категоріями А+В в кількості 14,7 тис. м³/добу водовідбір на водозаборі не перевищував 9,7 тис. м³/добу (1987 р.). В 2015 р. він складав 2,7 тис. м³/добу. Ряд режимних спостережень за зміною рівня підземних вод переривається в 1990 р. і до 2000 р заміри не проводилися. При розрахунковому зниженні рівня 85,0 м фактичне з 1981 до 1989 рр. коливалось в межах 16,9-24,4 м. В 2001 р. зниження рівня склало 10,6 м, тобто рівень відновився. До 2015 р. зниження рівня збільшилося до 13,6 м.

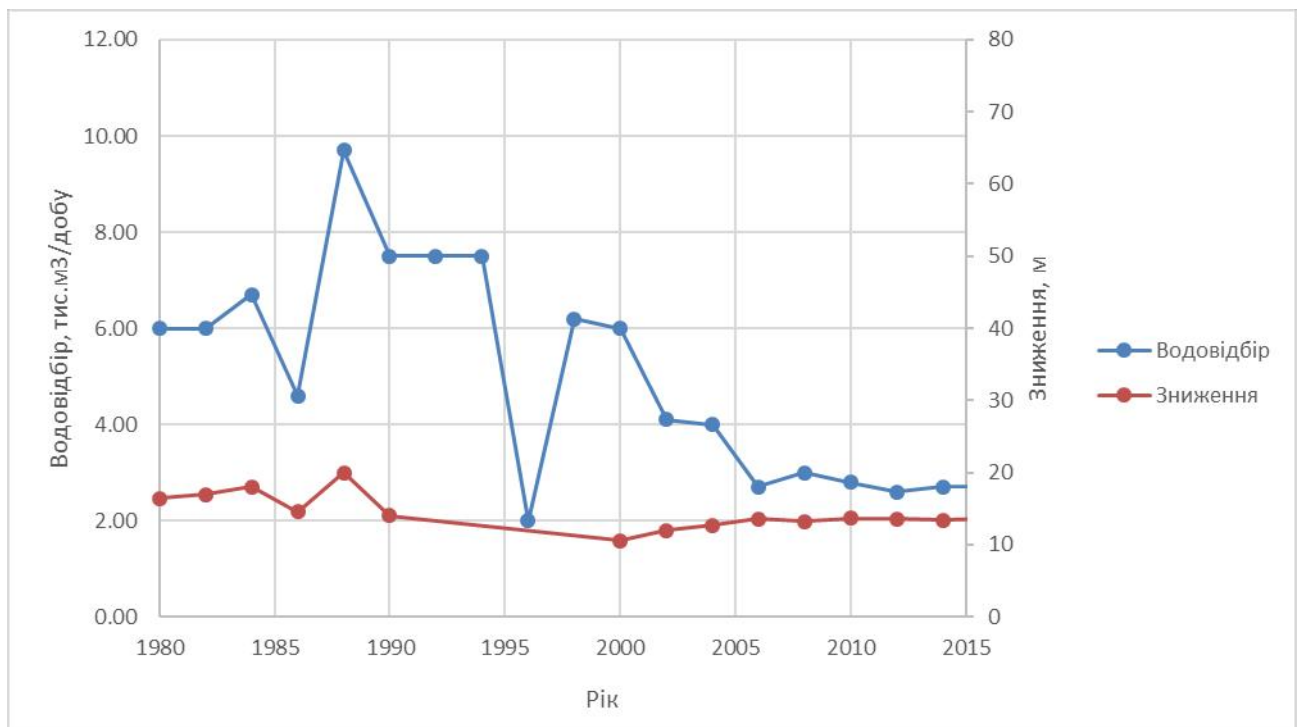


Рис. 3.13. Дані режимних спостережень на водозаборі Красноградського ВУВКГ за 1980-2015 рр. (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Водозабір Красноградського міжрайонного об'єднання по виробництву свинини (лівий берег р. Берестова, в 3,4 км на південний схід від міського водозабору). Водозабір складався з 3-х свердловин, пробурених на БКВК. Водовідбір на 1985 р. складав 1750 м³/добу.

На *Берестівському водозаборі* (на північний схід від міста) запаси підземних вод затверджені в об'ємі 1,7 тис. м³/добу. В експлуатацію не введений.

В цілому по м. Красноград водовідбір з БКВК на 01.01.86 складав 12,6 тис. м³/добу, а наразі (2015 р.) складає близько 3,0 тис. м³/добу. На цей час на балансі міських водозаборів перебувають 11 свердловин, які експлуатують цільові підземні води.

Гідрогеохімічні дослідження проводилися на 6 водозаборах із затвердженими запасами та 8 поодиноких свердловинах у межах сільських населених пунктів поряд із містом: сс. Зоряне, Жовтневе, Хрестище (на північ від міста), с. Ланна (на захід від міста), сс. Попівка, Балки, Петрівка, Соснівка (на схід від міста).

Згідно результатів, територія умовно ділиться на 3 ділянки згідно інтенсивності впливу геологічних, техногенних і неотектонічних чинників на формування якісного складу підземних вод. Техногенний чинник – значний водовідбір на водозаборах, який спровокував утворення локальної бучацько-канівської депресійної лійки. Неотектонічний чинник – міграція глибинних забруднювачів по гідравлічно активним тектонічним порушенням, пов'язаних із соляними діпірами. До геологічних слід віднести збільшення гідравлічного зв'язку БКВК із нижчезалягаючим СНВК за рахунок різкого зменшення розділяючого ці комплекси регіонального водотриву – мергельно-крейдової товщі – у напрямку соляних діпірів. Найактивніші зміни відбулися у західній частині території. Простежено значне збільшення мінералізації, вмісту Cl⁻ та характерних мікрокомпонентів (таблиці 3.6, 3.7). Саме тут розташований Ланнівський соляний діпір та пов'язані з ним тектонічні порушення. Менш помітне підвищення даних показників спостерігається у центральній частині

території – у районах впливу Красноградського та Хрестищенського соляних діапирів (рис. 3.12). У східній частині, де відсутній активний вплив неотектонічної складової, показники на протязі тривалого періоду експлуатації водозаборів залишилися у межах геофонних значень.

Таблиця 3.6

Зміна хімічного складу підземних вод БКВК на водозаборах м. Красноград
(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Період часу, рр.	Усереднена формула Курлова складу підземних вод		
	водозабори на заході території (Ланнівський соляний діапир)	водозабори у центрі території (Красноградський і Хрестищенський соляні діапіри)	водозабори на сході території
1958-1968	$M1,32 \frac{Cl^{-}56 HCO_3^{-}35 SO_4^{2-}9}{Na^{+}+K^{+}79 Ca^{2+}11 Mg^{2+}10}$	$M1,0 \frac{HCO_3^{-}44 Cl^{-}44 SO_4^{2-}12}{Na^{+}+K^{+}74 Ca^{2+}14 Mg^{2+}12}$	$M0,62 \frac{HCO_3^{-}50 Cl^{-}40 SO_4^{2-}10}{Na^{+}+K^{+}54 Ca^{2+}24 Mg^{2+}22}$
2005-2020	$M1,82 \frac{Cl^{-}74 HCO_3^{-}19 SO_4^{2-}7}{Na^{+}+K^{+}91 Ca^{2+}5 Mg^{2+}4}$	$M1,3 \frac{Cl^{-}54 HCO_3^{-}38 SO_4^{2-}8}{Na^{+}+K^{+}81 Ca^{2+}12 Mg^{2+}7}$	$M0,87 \frac{Cl^{-}46 HCO_3^{-}41 SO_4^{2-}13}{Na^{+}+K^{+}72 Ca^{2+}15 Mg^{2+}13}$

Водозабори м. Решетилівка. У межах даної ділянки водомісткими є кварцові, дрібно- і середньозернисті, рихлі піски бучацької світи та дрібно- і тонкозернисті, глинисті, кварцово-глауконітові піски канівської світи. Глибина залягання комплексу змінюється від 65 до 200 м. Його потужність непостійна, у середньому складає 50-70 м.

Рівні підземних вод у свердловинах встановлюються на глибинах від 7 до 90 м. Дебіти свердловин коливаються від 0,8 дм³/с при зниженні рівня на 1,5 м до 15-16 дм³/с при зниженнях 12-15 м.

В районі Білоцерківської та Сагайдацької тектонічних структур (на південь та захід від міста) мергельно-крейдова водотривка товща, що розділяє БКВК та СНВК, майже виклинюється, що є причиною активного гідравлічного зв'язку між комплексами на даних ділянках.

Для централізованого водопостачання міста були затверджені запаси по БКВК в об'ємі 20 тис. м³/добу. При цьому водовідбір на міських водозаборах становить 0,83 тис. м³/добу (затверджені запаси) та 0,14 тис. м³/добу (незатверджені запаси) (за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»).

Решетилівський водозабір (територія міста) працює з 1975 р. На рис. 3.14 наведений графік режимних спостережень за водовідбором на водозаборі з 1980 по 2015 рр. За ці роки водовідбір не перевищував 2,0 тис. м³/добу при затверджених запасах 15 тис. м³/добу за категоріями А+В і в 2015 р. складав 0,8 тис. м³/добу.

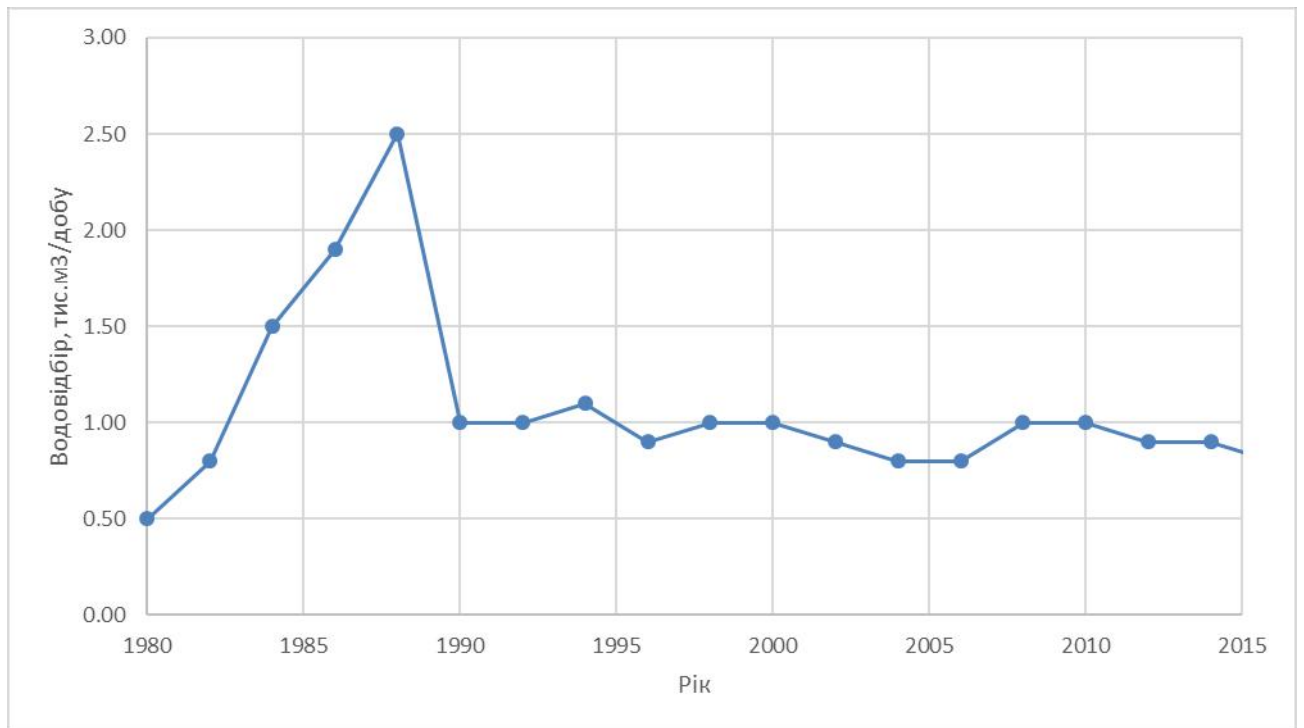


Рис. 3.14. Дані водовідбору на Решетилівському водозаборі за 1980-2015 рр. (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Досліджувався хімічний склад підземних вод на 1 водозаборі міста із затвердженими запасами та 4 поодиноких свердловин сільських населених пунктів поза межами міста: сс. Чернещина, Жовтневе, Мякенківка, Гришки. Спостерігаються подібні гідрогеохімічні процеси, що і на вищенаведених водозаборах. Збільшення значень характерних гідрогеохімічних показників відбувається у напрямку крупних тектонічних структур території – Білоцерківської та Сагайдацької (водозабори на півдні та заході міста). При цьому у межах міста якість вод не піддалася суттєвій трансформації. Однією із еколого-гідрогеологічних причин є те, що міська територія знаходиться поза

межами впливу встановлених гідродинамічно активних тектонічних порушень (таблиці 3.8, 3.9).

Таблиця 3.8

Зміна хімічного складу підземних вод БКВК на водозаборах

м. Решетилівка (складено автором за звітними матеріалами

КП «Південукргеологія»)

Період часу, рр.	Усереднена формула Курлова складу підземних вод	
	водозабори на півдні та заході міста (Сагайдацький та Білоцерківський соляні діапіри)	водозабори інших ділянок міста
1975-1980	M1,37 $\frac{\text{Cl}^{-}58 \text{HCO}_3^{-}32 \text{SO}_4^{2-}10}{\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}75 \text{Ca}^{2+}13 \text{Mg}^{2+}12}$	M0,79 $\frac{\text{HCO}_3^{-}49 \text{Cl}^{-}38 \text{SO}_4^{2-}13}{\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}72 \text{Ca}^{2+}15 \text{Mg}^{2+}13}$
2005-2020	M1,74 $\frac{\text{Cl}^{-}72 \text{HCO}_3^{-}22 \text{SO}_4^{2-}6}{\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}92 \text{Ca}^{2+}4 \text{Mg}^{2+}4}$	M1,22 $\frac{\text{Cl}^{-}53 \text{HCO}_3^{-}36 \text{SO}_4^{2-}11}{\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}71 \text{Ca}^{2+}14 \text{Mg}^{2+}15}$

Водозабори м. Лубни. Водомістка товща БКВК на даній території представлена пісками кварцовими, середньозернистими. Глибина залягання комплексу складає 76-200 м, його розкрита потужність – 17,7-21,5 м. Глибина п'єзометричного рівня становить 58,9-71,4 м. Дебіти експлуатаційних свердловин від 5,6 до 13,6 $\text{дм}^3/\text{с}$ при зниженні 13,9-36,6 м, удільні дебіти – 0,21-0,92 $\text{дм}^3/\text{с}^*\text{м}$.

На водозаборах м. Лубни запаси затверджені в об'ємі 30,4 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$, із яких 8,1 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$ складає зафіксований водовідбір. 0,2 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$ складає водовідбір на водозаборах із незатвердженими запасами (за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»). *Водозабір Лубенський-1* працює з 1938 р., *Лубенський-2* – з 1972 р., *Лубенський-3* – з 1979 р.

На водозаборі *Лубенський-1* (на північ від міста) пробурено 11 свердловин глибиною 100-152 м. Найбільший водовідбір на водозаборі приходився на середину 80-х – 90-х років, коли в окремі роки він досягав величини 8,4-9,1 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$ при затверджених запасах 8,0 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$ (рис. 3.15). На водозаборі за період 1959-1977 рр. рівень БКВК знизився на 25 м. Із 1975 по 1979 рр. зниження рівню зростало з 30,1 м до 35,2 м, з 1991 по 1994 рр. зменшилося з

Таблиця 3.7

Дані гідрогеохімічних спостережень на водозаборах м. Красноград

(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Роки спостережень	Мінералізація, мг/дм ³			СГ, мг/дм ³			F ⁻ , мг/дм ³			Br ⁻ +B ³⁺ +J ⁻ (сумарно), мг/дм ³		
	Захід території	Центр території	Схід території	Захід території	Центр території	Схід території	Захід території	Центр території	Схід території	Захід території	Центр території	Схід території
1958-1968	1176-1470	1000	469-770	335-596	318-320	196-298	2,2-2,7	1,8-1,9	0,3-1,5	1,01-1,23	0,85-0,88	0,2-0,42
2005-2020	1610-2100	1200-1420	670-1100	630-765	550-560	276-333	2,8-3,2	2,35-2,39	0,9-2,0	1,45-2,0	1,23-1,25	0,25-0,5

Таблиця 3.9

Дані гідрогеохімічних спостережень на водозаборах м. Решетилівка

(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Роки спостережень	Мінералізація, мг/дм ³		СГ, мг/дм ³		F ⁻ , мг/дм ³		Br ⁻ +B ³⁺ +J ⁻ (сумарно), мг/дм ³	
	Південна та західна ділянки	Інші ділянки	Південна та західна ділянки	Інші ділянки	Південна та західна ділянки	Інші ділянки	Південна та західна ділянки	Інші ділянки
1975-1980	1350-1400	540-1032	400-450	103-225	2,88-3,0	2,4-2,9	0,87-1,03	0,29-0,34
2005-2020	1600-1850	1138-1275	625-700	310-395	4,1-4,5	4,0	1,4-1,6	0,88-0,9

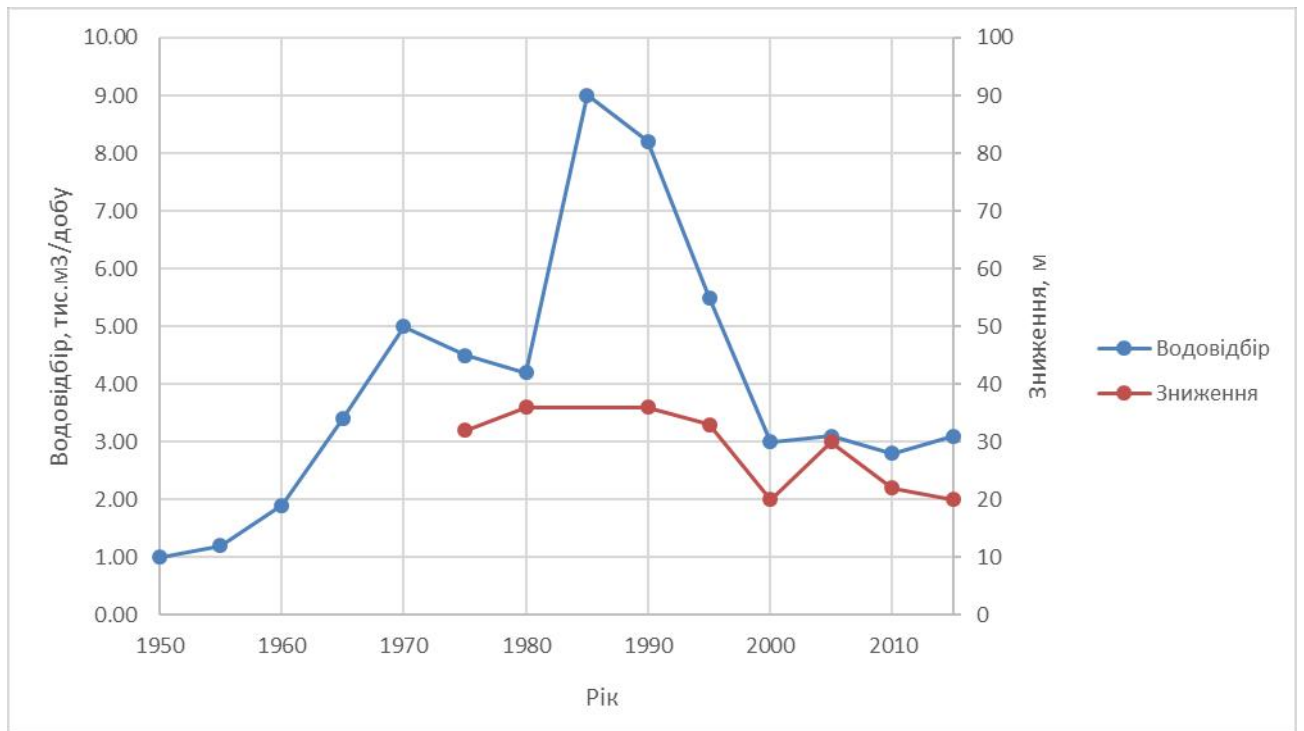


Рис. 3.15. Дані режимних спостережень на водозаборі Лубенський-1 м. Лубни за 1950-2015 рр. (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

35,5 м до 33,2 м, у 2015 р. склало 31,0 м. Під час експлуатації водозабору зниження рівню не досягало допустимого (82,0 м) або розрахункового (53,0 м).

На водозаборі Лубенський-2 (на захід від міста) у різні роки експлуатувалися 9 свердловин глибиною 96-105 м. У 1980-2000 рр. водовідбір на водозаборі наближувався до величини затверджених запасів за категоріями А+В+С₁ (8,4 тис. м³/добу) і досягав 7,6-8,1 тис. м³/добу (рис. 3.16). Ряд режимних спостережень за рівнем підземних вод на водозаборі не повний, але і він вказує на залежність зміни рівнів від водовідбору. На цьому водозаборі зниження рівня не перевищувало 46,0 м, що на багато нижче допустимого (69,0 м) і розрахункового (59,3 м).

На водозаборі Лубенський-3 (на південний захід від міста) водовідбір в 1987-1989 рр. перевищував величину затверджених запасів (4,0 тис. м³/добу) і змінювався в межах 4,6-5,2 тис. м³/добу, в 2015 р. складав 1,9 тис. м³/добу.

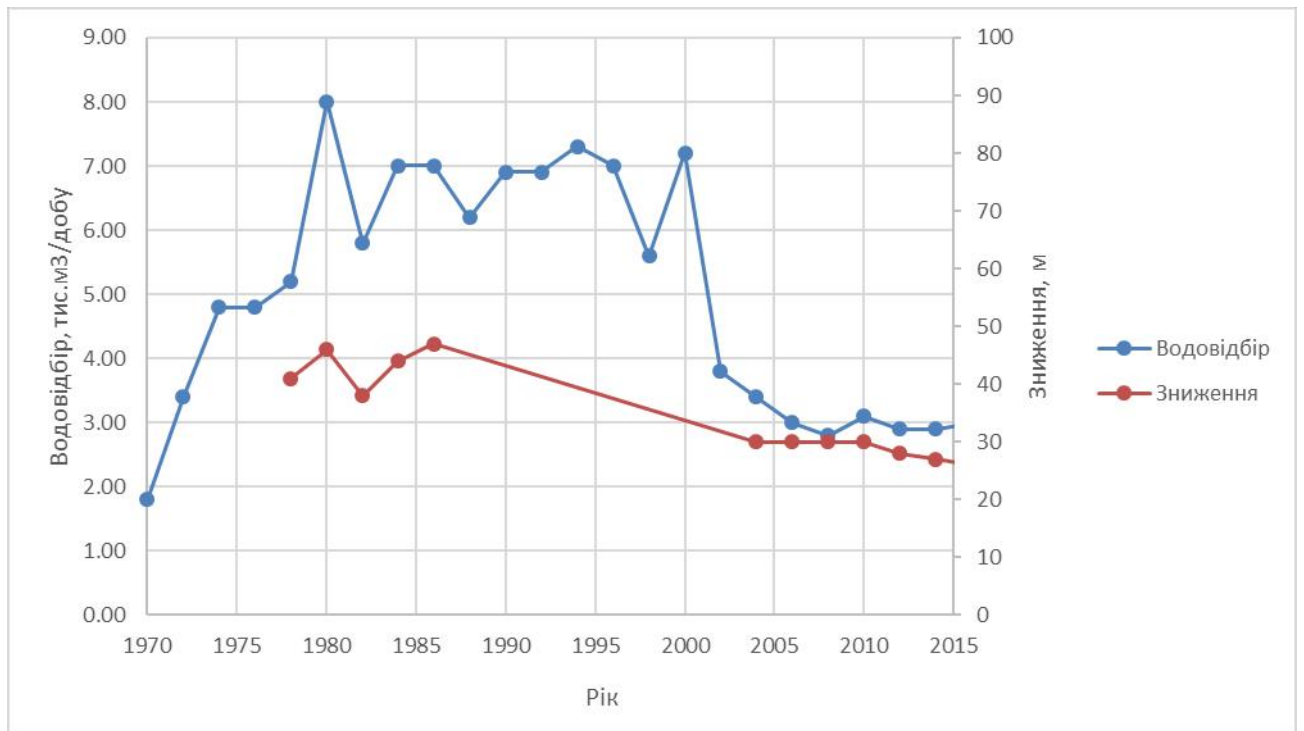


Рис. 3.16. Дані режимних спостережень на водозаборі Лубенський-2 м. Лубни за 1970-2015 рр. (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Водозабір Єнковецький (на північний захід від міста) в експлуатацію не вводився. Глибини пробурених свердловин становлять 155 м.

Водозабір Східний (на схід від міста) в експлуатації з 1973 р. та складається з 6 свердловин глибиною 130-155 м.

Використані гідрогеохімічні дані по 5 водозаборам міста, які експлуатують бучацько-канівський комплекс, та, додатково, по 4 водозаборам – сеноман-нижньокрейдний (водозабори Хорошківський, Городищенський, Єнковецький, с. Нижній Булатець). На півдні та заході міста розташоване регіональне розривне тектонічне порушення, яке впливає на зміни якості підземних вод обох комплексів (таблиці 3.10, 3.11).

Таблиця 3.10

Зміна хімічного складу підземних вод БКВК на водозаборах м. Лубни
(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Період часу, рр.	Усереднена формула Курлова складу підземних вод	
	водозабори на півдні та заході міста (крайовий південно-західний тектонічний розлом)	водозабори інших ділянок міста
1960-1973	M0,85 $\frac{\text{HCO}_3^-46 \text{ Cl}^-42 \text{ SO}_4^{2-}12}{\text{Na}^++\text{K}^+69 \text{ Ca}^{2+}17 \text{ Mg}^{2+}14}$	M0,78 $\frac{\text{HCO}_3^-50 \text{ Cl}^-37 \text{ SO}_4^{2-}13}{\text{Na}^++\text{K}^+60 \text{ Ca}^{2+}23 \text{ Mg}^{2+}17}$
2005-2020	M1,35 $\frac{\text{Cl}^-68 \text{ HCO}_3^-24 \text{ SO}_4^{2-}8}{\text{Na}^++\text{K}^+78 \text{ Ca}^{2+}13 \text{ Mg}^{2+}9}$	M0,9 $\frac{\text{HCO}_3^-44 \text{ Cl}^-44 \text{ SO}_4^{2-}12}{\text{Na}^++\text{K}^+70 \text{ Ca}^{2+}16 \text{ Mg}^{2+}14}$

Таблиця 3.11

Дані гідрогеохімічних спостережень на водозаборах м. Лубни
(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Водоносний комплекс	Роки спостережень	Мінералізація, мг/дм ³		Cl ⁻ , мг/дм ³		F ⁻ , мг/дм ³		Br ⁻ +B ³⁺ +J ⁻ (сумарно), мг/дм ³	
		У районі тект. порушення	Інші ділянки	У районі тект. порушення	Інші ділянки	У районі тект. порушення	Інші ділянки	У районі тект. порушення	Інші ділянки
БКВК	1960-1973	722-1020	690-871	250-440	225-247	2,1-2,5	2,1-2,15	0,94-1,2	0,23-0,43
	2005-2020	1200-1550	898-900	550-720	267-280	3,5-5,1	2,35-2,4	1,5-2,1	0,39-0,56
СНВК	1960-1973	2103-2300	1689	900-998	700	1,1-1,54	0,54	1,09-1,54	0,9
	2005-2020	2920-3105	1899	1110-1340	800	2,35-3,0	2,0	2,2-3,2	1,75

Водозабори м. Хорол. Водомісткими породами БКВК є піски дрібнозернисті, кварцові та кварцово-глауконітові, іноді глинисті. Покрівля комплексу залягає на глибині 90-110 м, його потужність коливається у межах 30-70 м. Дебіти експлуатаційних свердловин змінюються у межах від 1,1 до 5,6 дм³/с при зниженні 5,5-40 м, удільні дебіти – 0,03-0,3 дм³/с*м. Глибина п'езометричного рівня коливається від 10-20 до 55-70 м.

У межах міста по БКВК затверджені запаси в об'ємі 6,1 тис. м³/добу. Водовідбір із комплексу наразі складає близько 1,3 тис. м³/добу (затверджені запаси) та 2,3 тис. м³/добу (незатверджені запаси) (за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»).

Ставківський водозабір (на пн.-зх. від міста) розташований у долині р. Хорол, на правому березі. Він працював з 1969 по 2002 рр. з водовідбором не більше 2,2 тис. м³/добу при затверджених запасах 4,9 тис м³/добу за категоріями А+В. Водозабір складався із 5 експлуатаційних свердловин.

Водозабір Пирогівський (південно-західна частина міста) працює з 1968 р. і донині. Запаси підземних вод затвержені в 2004 році в кількості 1,5 тис. м³/добу за категоріями А+В. На рис. 3.17 наведений графік зміни водовідбору за 1985-2015 рр. Найбільший водовідбір на водозаборі приходився на 1991-1997 рр. і змінювався з 1,0 тис. м³/добу до 2,6 тис. м³/добу і по ряду років перевищував величину затверджених запасів.

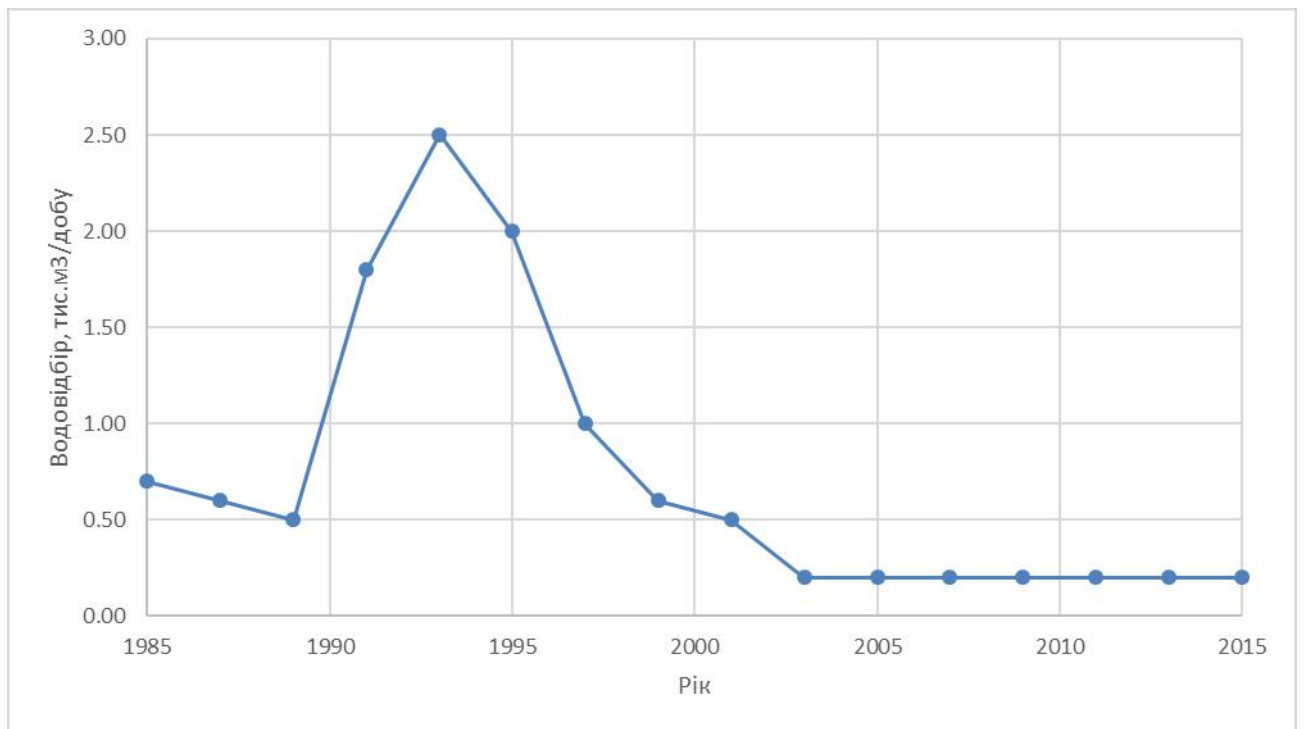


Рис. 3.17. Дані водовідбору на Пирогівському водозаборі м. Хорол за 1985-2015 рр. (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Гідрогеохімічні спостереження проводилися у різні періоди часу на 2 водозаборах із затвердженими запасами та на деяких свердловинах 4 ділянок поряд з містом: ділянки «Міжріччя» (2 км на схід від міста), «Бутівці» (4 км на

пн.-сх. від міста), «Костюки» (на пд.-сх. від міста), «Вишняки» (на пд.-сх. від міста).

Основним геоекологічним чинником трансформації якості підземних вод є розривне тектонічне порушення на захід від міста (таблиці 3.12, 3.13). Результати хімічних аналізів вод протягом 1968-2020 рр. свідчать про те, що із поступовим збільшенням водовідбору на водозаборах міста та розширенням їх мережі по площі також і збільшилися значення досліджуваних компонентів якісного складу вод. При чому погіршення якості відбулося як у західній частині ділянки (у районі регіонального розривного тектонічного порушення), так і в центральній та східній. Причина: залучення до роботи із початком 2000-х років 4 водозаборів на схід від міста, яке призвело до розширення депресійної лійки цільового комплексу та «підтягування» некондиційних вод у східному напрямку.

Таблиця 3.12

Зміна хімічного складу підземних вод БКВК на водозаборах м. Хорол
(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Період часу, рр.	Усереднена формула Курлова складу підземних вод	
	водозабори на заході міста (крайовий південно-західний тектонічний розлом)	водозабори інших ділянок міста
1968-1975	$M1,47 \frac{Cl-64 HCO_3-29 SO_4^{2-}7}{Na^+K^+76 Ca^{2+}13 Mg^{2+}11}$	$M1,22 \frac{Cl-55 HCO_3-36 SO_4^{2-}9}{Na^+K^+70 Ca^{2+}18 Mg^{2+}12}$
2005-2020	$M2,35 \frac{Cl-79 HCO_3-16 SO_4^{2-}5}{Na^+K^+95 Ca^{2+}2 Mg^{2+}3}$	$M1,52 \frac{Cl-64 HCO_3-28 SO_4^{2-}8}{Na^+K^+78 Ca^{2+}13 Mg^{2+}9}$

Таблиця 3.13

Дані гідрогеохімічних спостережень на водозаборах м. Хорол
(складено автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

Роки спостережень	Мінералізація, мг/дм ³		Cl, мг/дм ³		F, мг/дм ³		Br ⁻ +B ³⁺ +J ⁻ (сумарно), мг/дм ³	
	Район тект. порушення	Інші ділянки	Район тект. порушення	Інші ділянки	Район тект. порушення	Інші ділянки	Район тект. порушення	Інші ділянки
1968-1975	1432-1520	1199-1245	517-599	390-412	1,43-1,7	1,23-1,66	1,2-1,34	0,9-1,12
2005-2020	2298-2340	1387-1716	1092-1110	540-701	2,1-2,6	1,85-2,45	2,9-3,0	1,4-2,5

Внаслідок цього, наразі підземні води БКВК у межах усіх міських водозаборів не придатні для питних цілей по вмісту досліджуваних компонентів. При експлуатації комплексу його води змішують у відповідних пропорціях із водами олігоцен-пліоценового водоносного комплексу. Таким чином води цільового комплексу доводяться до кондиційних значень (за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»).

3.2. Дослідження підвищеного вмісту Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , V^{3+} , J , загальної мінералізації у підземних водах на водозаборах, що експлуатують БКВК

У попередньому розділі було визначено елементи-індикатори, які найбільш обумовлюють зниження якості досліджуваних вод (Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , V^{3+} , J), та простежено динаміку до збільшення їх вмісту у процесі довгострокової експлуатації на близько 20 міських потужних водозаборах території робіт, найбільш характерними із яких є водозабори мм. Полтава, Карлівка, Красноград, Лубни, Хорол, Решетилівка.

Для визначення можливої ролі техногенезу у даних процесах, було побудовано гідрогеохімічні профілі через водозабори м. Полтава (рис. 3.18). На досліджуваних водозаборах встановлені сучасні вміст Cl^- , F^- , Br^- , V^{3+} , J , значення загальної мінералізації вод БКВК та показники загального водовідбору підземних вод. На базі цього розраховано коефіцієнти кореляції між цими гідрогеохімічними показниками та значеннями водовідбору (таблиця 3.14).

Розрахунки проводилися за допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона.

Формула для розрахунку наступна:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \times \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (3.1)$$

де x_i – значення водовідбору, тис. м³/добу;

y_i – значення вмісту досліджуваного компоненту, мг/дм³;

\bar{x} – середнє арифметичне для значення водовідбору, тис. м³/добу;

\bar{y} – середнє арифметичне для вмісту досліджуваного компоненту, мг/дм³.

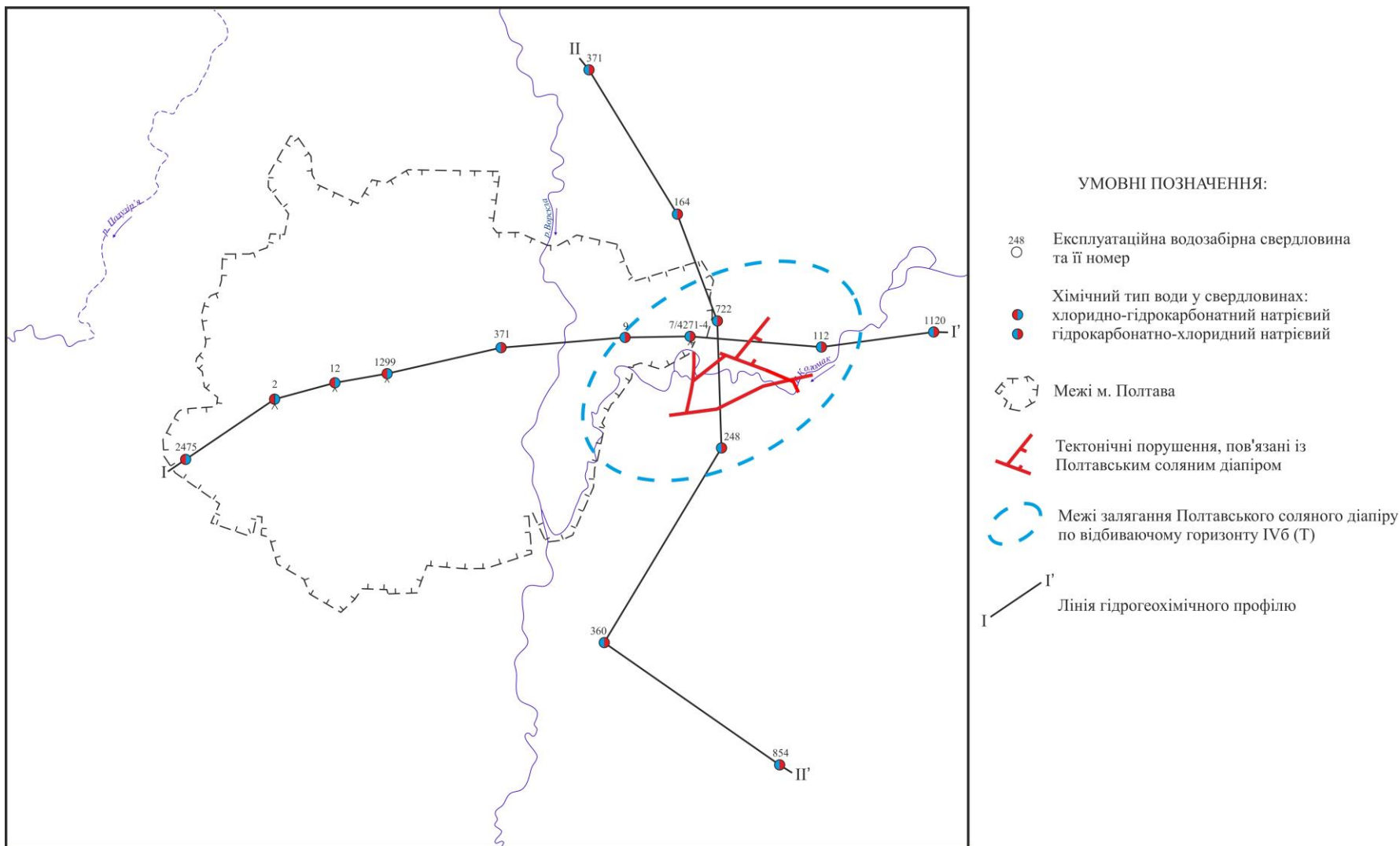


Рис. 3.18. Оглядова карта-схема території розташування водозаборів м. Полтава з лініями гідрогеохімічних профілів (побудовано автором)

Таблиця 3.14

Гідрогеохімічні показники та коефіцієнти кореляції, які використані при побудові графіків (складено автором)

№ свердловини	Мінералізація, г/дм ³	Коеф. кореляції «мінералізація-водовідбір»	Вміст СГ, мг/дм ³	Коеф. кореляції «СГ-водовідбір»	Вміст F ⁻ , мг/дм ³	Коеф. кореляції «F ⁻ -водовідбір»	Вміст Br ⁻ +B ³⁺ +J ⁻ (сумарно), мг/дм ³	Коеф. кореляції «Br ⁻ +B ³⁺ +J ⁻ -водовідбір»
2475	0,9	0,3	301	0,32	2,7	0,39	0,55	0,27
2	0,9	0,26	304	0,32	2,9	0,29	0,5	0,29
12	0,8	0,33	312	0,3	2,9	0,34	0,63	0,23
1299	0,9	0,38	326	0,4	3,05	0,36	0,7	0,3
371	1,1	0,48	405	0,5	4	0,57	1,29	0,43
9	1,3	0,6	475	0,58	4,9	0,65	1,8	0,57
7/4271-4	1,45	0,7	588	0,72	7,4	0,76	2	0,9
112	1,25	0,58	460	0,6	4,75	0,61	1,7	0,6
1120	0,9	0,31	317	0,4	3,1	0,33	0,7	0,3
371	0,9	0,31	320	0,35	2,8	0,28	0,6	0,33
164	1,1	0,5	411	0,54	4,1	0,5	1,2	0,58
722	1,35	0,72	525	0,76	6,5	0,84	1,9	0,85
248	1,15	0,66	426	0,68	4,5	0,68	0,85	0,73
360	1	0,26	329	0,27	3	0,29	0,5	0,28
854	1	0,22	322	0,21	2,9	0,27	0,5	0,24

Здобувачем побудовано відповідні графіки змін показників хімічного складу підземних вод БКВК, а також залежностей цих показників від загального водовідбору по лініям гідрогеохімічних профілів (рис. 3.19).

Наостанок побудовано результуючий графік – графік залежності усередненого коефіцієнту кореляції між гідрогеохімічними показниками глибинного генезису (загальна мінералізація, Cl^- , F^- , Br^- , B^{3+} , J^-) та загальним водовідбором від відстані від центральної частини Полтавського соляного діапіру та пов'язаних із ним тектонічних порушень (рис. 3.20).

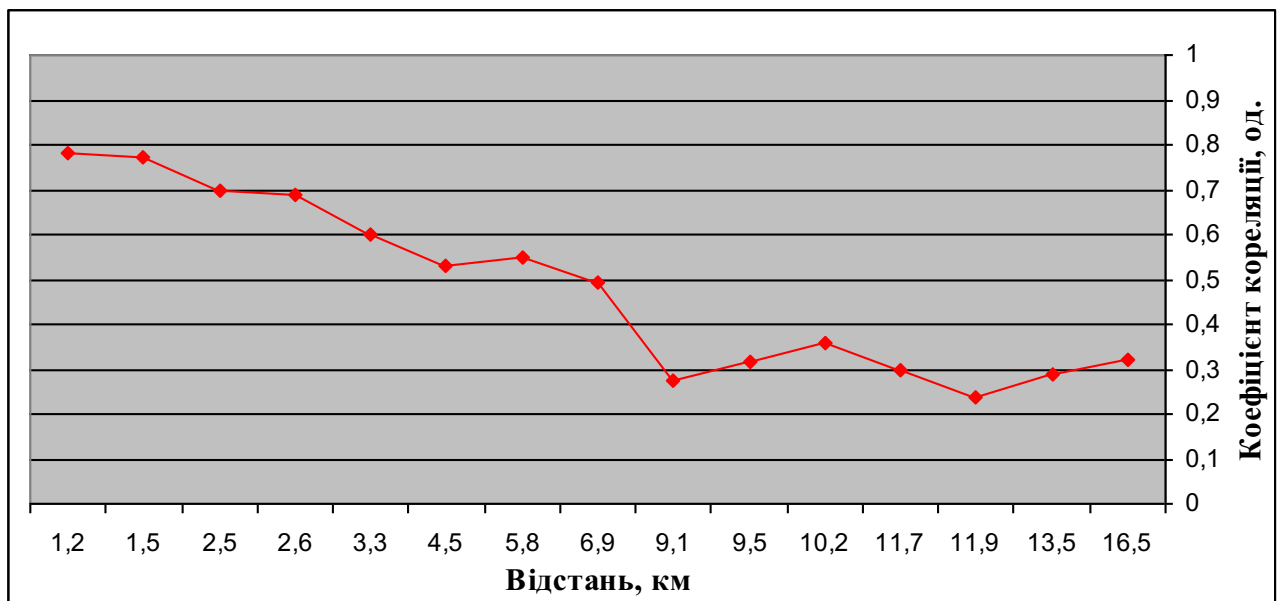


Рис. 3.20. Графік залежності усередненого коефіцієнту кореляції між гідрогеохімічними показниками глибинного генезису (загальна мінералізація, Cl^- , F^- , Br^- , B^{3+} , J^-) та загальним водовідбором від відстані від центральної частини Полтавського соляного діапіру та пов'язаних із ним тектонічних порушень (побудовано автором)

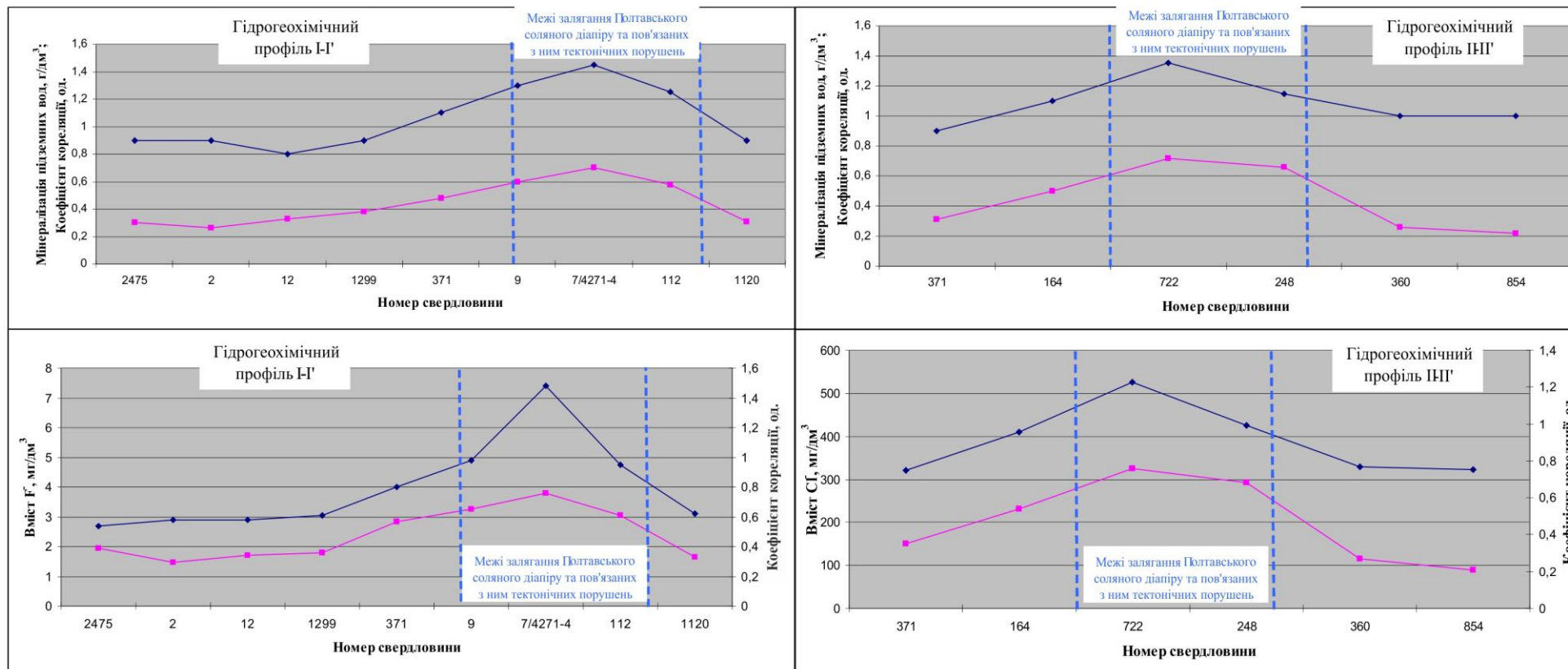


Рис. 3.19. Графіки змін показників хімічного складу підземних вод БКВК (лінії синього кольору), а також залежностей цих показників від загального водовідбору (коефіцієнт кореляції, лінії рожевого кольору) по лініям гідрогеохімічних профілів I-I' та II-II' (побудовано автором)

Згідно вищенаведених даних встановлено, що [51, 52, 61]:

1) на відстані до 2,5 км від центральної частини діапіру спостерігається висока позитивна кореляція між цими показниками (коефіцієнти кореляції Пірсона 0,70-0,80);

2) до 5-7 км – середня (0,50-0,70);

3) більше 5-7 км – слабка позитивна кореляція (0,25-0,40).

Згідно отриманих даних, визначені розміри території, у межах якої спостерігається максимальне погіршення якості підземних вод БКВК. Це ділянки у радіусі близько 5 км навколо встановлених соляних діапірів та пов'язаних із ними тектонічних порушень.

Проведені дослідження є доказом того, що еколого-гідрогеологічна трансформація якості вод БКВК найбільш притаманна для ділянок «накладання» зон інтенсивного техногенного навантаження на підземні води (зони впливу потужних водозаборів) на території, у розрізі надр яких залягають соляні діапіри та пов'язані з ними тектонічні порушення. Саме тут водоносні комплекси зони активного водообміну отримують живлення за рахунок гідравлічного зв'язку із глибинними високомінералізованими водами.

На основі наявних клінічних досліджень у межах регіону [47, 70, 83, 92, 94 та ін.], встановлено зв'язок між вищенаведеними процесами погіршення якості питних підземних вод та впливом на організм людини (таблиця 3.15).

3.2.1. Дослідження підвищеного вмісту F⁻ у підземних водах БКВК

Як встановлено багатьма науковцями [24, 25, 45, 120], склад підземних вод БКВК у межах Східної України відзначається однією характерною особливістю – підвищеним вмістом F⁻. Згідно даних гідрогеохімічного опробування на водозаборах регіону, вміст компоненту коливається у межах 0,2-7,4 мг/дм³ при нормативі для питних вод у 1,5 мг/дм³ [16]. Тобто, досягає значень у 5 ГДК. Згідно звітних матеріалів КП «Південукргеологія», у межах території робіт

Вплив підвищеного вмісту досліджених гідрогеохімічних показників на організм людини
(складено автором на основі [47, 70, 83, 92, 94 та ін.])

Назва показнику	Вплив на організм людини – можливі захворювання
Мінералізація	Негативний вплив на вагітність, на плід і новонароджених. Збільшує ймовірність гінекологічних захворювань. Негативний вплив на секреторну діяльність травної системи, порушує водно-сольовий баланс, сприяє розвитку хвороб системи кровообігу (ішемічна хвороба серця, гіпертонічна хвороба)
Cl ⁻	Негативний вплив на функції системи травлення. Викликає запалення слизових, подразнення шкіри та органів дихання, має канцерогенні та мутагенні властивості і збільшує ризик виникнення деяких аномалій внутрішньоутробного розвитку. Викликає свербіж, подразнення, відчуття стягнутості і сухості шкіри, подразнення слизової оболонки очей і дихальних шляхів, негативний вплив на структуру волосся
F ⁻	Викликає захворювання зубів – ендемічний флюороз, гіпоплазії зубної емалі, карієс. Негативний вплив на проникність клітинних мембран. Знижує обмін фосфору і кальцію в кісткових тканинах, порушує вуглеводний, білковий та інші обмінні процеси, пригнічує тканинне дихання тощо. Є нейротропною отрутою, яка знижує рухливість нервових процесів
Fe _{заг.}	Поступове руйнування печінки, токсикози, зниження кровотворення. Входить в склад дихальних пігментів, бере участь в переносі кисню до тканин в організмі тварин і людини, стимулює функцію кровотворних органів
Br ⁻	Негативний вплив на проникність клітинних мембран, реакція 8И-групою цистеїну та метіоніну. Викликає: сухий кашель, кон'юнктивіт, нежить, висипання на шкірі, діарея, хронічна інтоксикація, нудота, незв'язна мова
B ³⁺	Хронічна проблема травлення - борний ентерит, інтоксикація вразить нирки, печінку та нервову систему. Організм зневоднюється, з'являються важкі симптоми: блювота, пронос, лущиться шкірний висип, анемія, сплутаність свідомості, відсутність апетиту, кахексія - різка втрата ваги, зникнення підшкірного жиру, атрофія органів і м'язів, випадання волосся і в'ялість шкіри
J	Негативний вплив на проникність клітинних мембран, реакція 8И-групою цистеїну та метіоніну. В організмі людини регулює: швидкість біохімічних реакцій; обмін енергії та температури тіла; білковий, жировий, водно-електролітний обмін; обмін деяких вітамінів; диференціювання тканин, процеси росту і розвитку організму, зокрема нервово-психічний; індукцію підвищення споживання кисню тканинами

зафіксовано перевищення нормативу компоненту на водозаборах 145 населених пунктів у 14 районах Полтавської та Харківської областей.

При дослідженні даної проблеми на першому етапі проведено комплексування даних про генезис підвищеного вмісту компоненту у підземних водах та визначено основні геоекологічні фактори, які впливають на дані процеси.

Автором систематизовані наявні літературні дані про природний механізм збагачення F⁻-ом підземних вод, у т.ч., на водозаборах Східної України [25, 45, 120, 134, 141, 160]. Механізм складається із 3 чинників [144, 145, 148].

1) Літологічний склад водомістких та вищезалягаючих порід. За результатами буріння свердловин регіону [80, 81] встановлена наявність у верхній частині бучацько-канівського комплексу та підшві київських мергелів та глин регіонального шару фосфоритових конкрецій, валовий вміст F⁻ в яких досягає 1,5 %.

2) У результаті активного впливу соляно-купольної тектоніки, для регіону робіт характерні процеси розвантаження глибинних високомінералізованих підземних вод у питні води зони активного водообміну. Зонами міграції виступають численні розривні порушення у межах тектонічних структур, в основному, пов'язаних із соляними діапірами. У результаті відбувається поступова зміна хімічного складу вод комплексу на хлоридно-натрієвий тип, збільшується вміст солей. Також зменшується відносний вміст Ca²⁺ та Mg²⁺, які беруть участь у регулюванні вмісту F⁻ у водах. Зміна хімічного складу вод створює геохімічні передумови до інтенсифікації розчинності твердої фази в природній системі «розчин-порода», а саме – розчинності вищезазначеного фосфоритового шару, та збільшення вмісту F⁻ у даних водах [25 та ін.]. Схематично дані хімічні реакції виглядають наступним чином:

а) Ca₅(PO₄)₃F (*фтор-апатит*) + Ca / Mg (*високий вміст*) + Na (*низький вміст*) + ... → CaF⁺ / MgF⁺ (*неактивні форми F⁻, осадження і перехід у твердий стан*) + ... – невеликий вміст F⁻ у водах;

б) $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ (фтор-апатит) + Na (високий вміст) + Ca / Mg (низький вміст) + ... $\rightarrow \text{NaF}^+$, F^- (найбільш активні форми F^- , активна міграція елементу) + ... – підвищений вміст F^- у водах.

3) Також можлива додаткова міграція елементу глибинного походження під час процесів, описаних у попередньому пункті [25, 45, 120, 134, 141, 160].

Тобто, для активізації даних процесів необхідно, передусім, мати стабільний підток хлоридно-натрієвих високомінералізованих підземних вод із низьким вмістом Ca^{2+} та Mg^{2+} у води цільового водоносного комплексу [25].

Але дані геологічні процеси у природних умовах не є характерними для вод зони активного водообміну у межах території досліджень. Здобувач пов'язує це із сучасними активними процесами техногенезу геологічного середовища, а саме [144, 145, 148]:

- інтенсифікація водовідбору підземних вод;
- зміни гідродинамічних умов експлуатаційних водоносних комплексів за рахунок збільшення мережі водозаборів;
- утворення регіональних депресійних лійок експлуатаційних водоносних комплексів, накладання яких створює синергетичний ефект.

Для встановлення цього зв'язку, спочатку була простежена динаміка змін вмісту F^- у водах цільового комплексу протягом періоду активного техногенного навантаження на ГС регіону – 1960-2020 рр. На основі фактичних даних на початок даного періоду (за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»), був визначений середній геологічний фоновий вміст (геофон) компоненту – близько 2 мг/дм³.

Відомо, що однією із головних характеристик техногенної геохімічної аномалії є її інтенсивність, яка визначається ступенем накопичення хімічного елементу у порівнянні з природним (геологічним) фоном [9, 102, 130]. Тому запропоновані критерії оцінки рівнів забруднення базуються на використанні визначеного здобувачем для вод території робіт середнього геологічного фонового вмісту елементів. Середній геологічний фоновий вміст (геофон) елементів – вміст хімічних елементів у складі підземних вод, який визначався із

релевантних значень у межах територій, які віддаленні від осередків забруднення та з мінімальним техногенним впливом.

Геофон притаманний для вод територій, у межах яких не простежений вплив природних чинників збагачення компонентом підземних вод, описаних вище.

Також, виявлені характерні інтервали вмісту показнику [144, 145, 148]:

1) від 0,2 до 2,0 мг/дм³ (значення до 1 геофону) – без впливу геоecологічних чинників збагачення F⁻-ом підземних вод;

2) від 2,0 до 3,5-4,0 мг/дм³ (від 1 до 2 геофонів) – із впливом літологічного та неотектонічного чинників, але без впливу активного техногенного навантаження;

3) більше 3,5-4,0 мг/дм³ (від 2 геофонів та більше) – вплив усіх геоecологічних чинників.

Досліджені просторово-часові зміни показнику перед початком періоду активного техногенезу та наразі (рис. 3.21, 3.22). У 1960-1975 рр. вміст компоненту відповідав 2 інтервалам значень: до 1 геофону – у межах територій із менш активними тектонічними процесами (північна та південна частини регіону); від 1 до 2 геофонів – у межах ділянки із активним впливом солянокупольної тектоніки (центральна частина території).

Наразі ж (станом на 2005-2020 рр.), окрім зменшення площ із вмістом до 1 геофону, з'явилися території із вмістом більше 2 геофонів (до 4 включно), який є критично загрозливим для здоров'я населення [47, 92]. Їх площа складає близько 20 % від загальної.

На основі наявних клінічних досліджень у межах регіону [70, 83, 94], встановлено зв'язок між цими процесами та деякими тяжкими захворюваннями (таблиця 3.15):

1) дитячий ендемічний флюороз (від 74 % до 95 % дітей у межах території із критично загрозливим вмістом F⁻ хворі на нього);

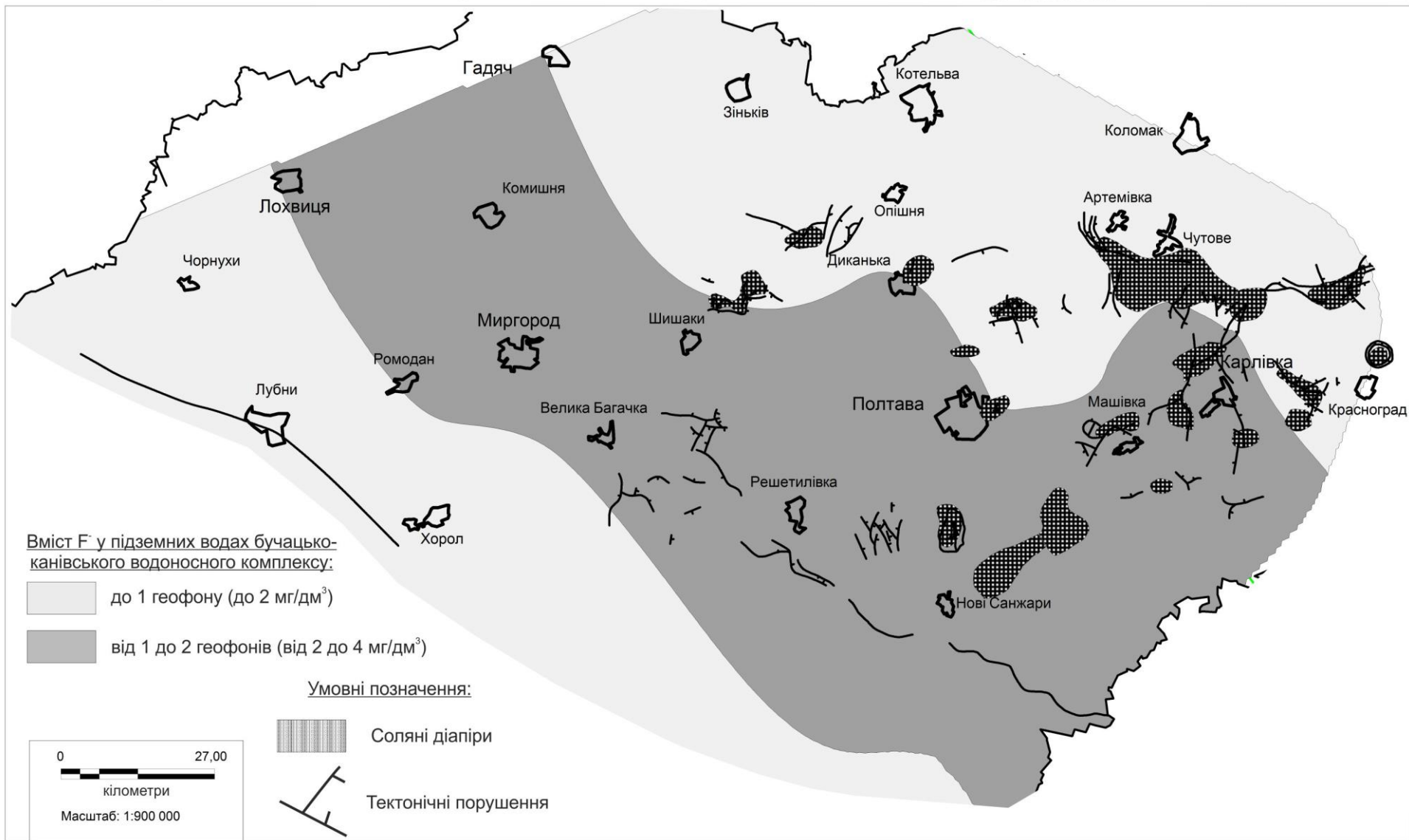


Рис. 3.21. Карта-схема вмісту F⁻ у підземних водах БКВК у межах регіону робіт станом на 1960-1975 рр. (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія»)

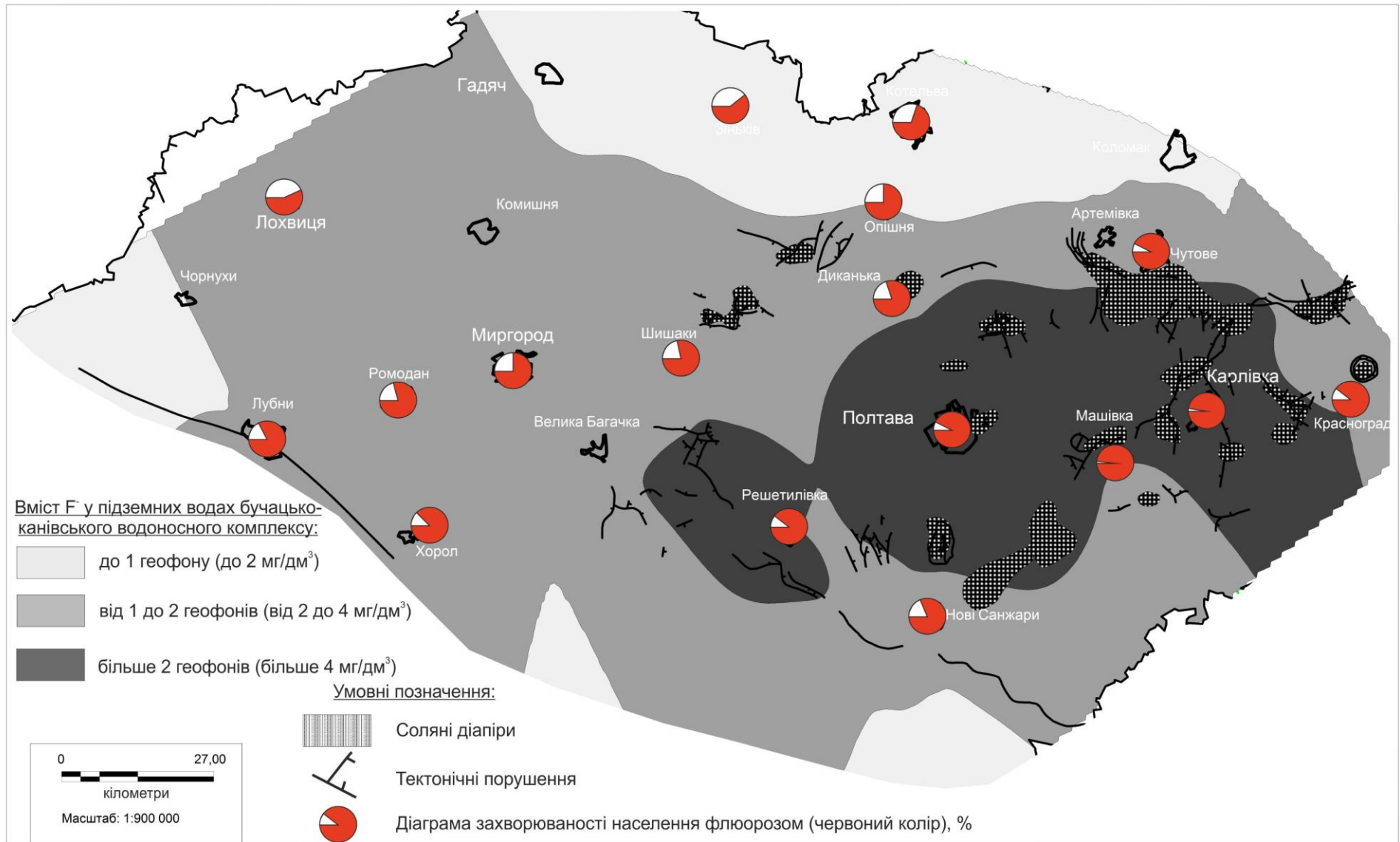


Рис. 3.22. Карта-схема вмісту F⁻ у підземних водах БКВК у межах регіону робіт станом на 2005-2020 рр. (побудовано автором за звітними матеріалами КП «Південукргеологія» та [25, 70])

2) захворювання щитовидної залози (за період 1990-2005 рр. кількість різних захворювань щитовидної залози населення цієї території збільшилася у 2-9 разів);

3) вроджені вади (зустрічаються тут у 1,5 рази частіше за фонові значення).

У межах встановленої зони критичних значень вмісту F^- відбулося «накладання» особливо активних проявів техногенезу (мережі водозаборів міста Полтава та деякі менш потужні) на тектонічні структури, пов'язані з соляними діапірами, центральної частини Дніпровсько-Донецької западини. Останні активно поділені на блоки розривними порушеннями, які виступають шляхами міграції для інтенсивного висхідного потоку глибинних високомінералізованих вод до експлуатаційних водоносних комплексів [144, 145, 148].

Також простежена динаміка зміни вмісту F^- на типових потужних водозаборах регіону (водозабори міст Полтава, Лубни, Хорол, Карлівка, Красноград, Решетилівка та деякі ін.). Як було визначено у розділі 3.1, у процесі активної експлуатації даних водозаборів вміст F^- зростає (рис. 3.5). За 60-ти річний період зросла кількість значень, які відповідають більше 1 геофону, із 38 % до 63 %.

Для встановлення та кількісної оцінки зв'язку однієї із головних складових техногенезу підземних вод – показнику водовідбору – із динамікою зміни вмісту F^- , було досліджено більш детально ці процеси на водозаборах м. Полтава, які є стратегічно важливими у межах регіону.

Наведені дані водовідбору – загальні, по всім сеноман-нижньокрейдовим та бучацько-канівським водозаборах міста, на яких проводяться систематичні спостереження; дані рівневого режиму – по водозабору № 1 Полтавського ВУЖКГ. Використані дані по гідрогеохімічним спостереженням за вмістом F^- на 5 водозаборах міста, на яких експлуатують БКВК, – №№ 9, 112, 164, 371, 722 (рис. 3.18, таблиця 3.14).

На прикладі даних водозаборів за результатами кореляційного аналізу був встановлений лінійний позитивний зв'язок зміни вмісту F^- від величини

водовідбору в зоні впливу тектонічних порушень, пов'язаних із Полтавським соляним діапíром (відстань між водозабірними об'єктами та порушеннями становить від 0,5 до більше 5 км). Розрахунки проводилися за допомогою формули (3.1).

Встановлено прямий позитивний зв'язок між цими показниками (рис. 3.23), розраховані наступні коефіцієнти кореляції:

- для водозабору № 722 (відстань до порушень 0,5 км) $r_1 = 0,84$;
- № 112 (1 км) $r_2 = 0,61$;
- № 9 (2 км) $r_3 = 0,65$;
- № 164 (близько 4 км) $r_4 = 0,5$;
- № 371 (більше 5 км) $r_5 = 0,57$.

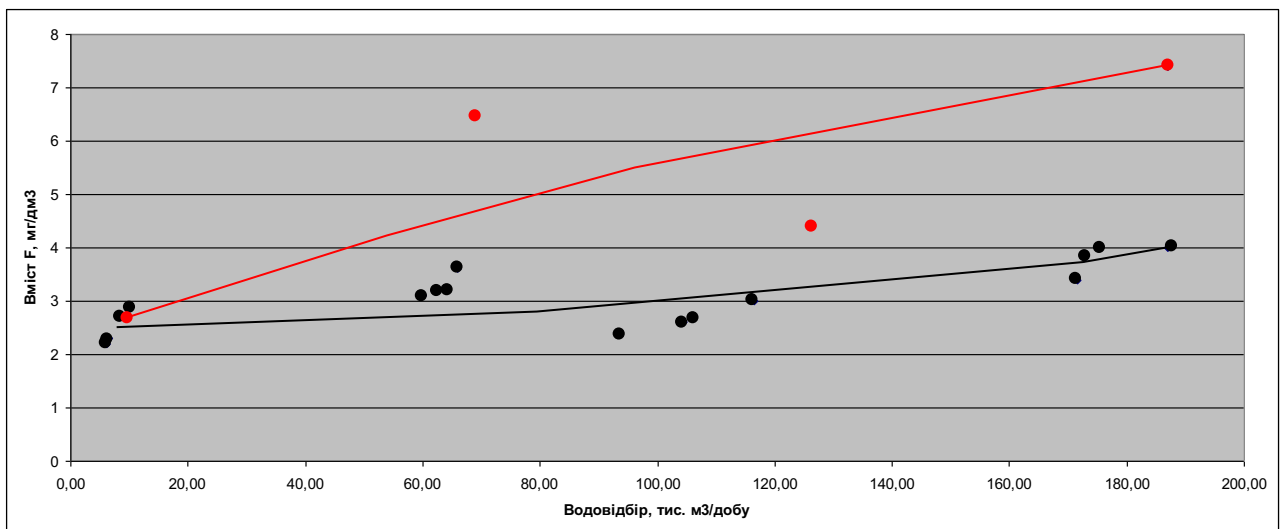


Рис. 3.23. Кореляційний зв'язок між вмістом F^- у підземних водах та показником водовідбору на водозаборах № 722 (точки та лінія тренду червоного кольору) та №№ 9, 112, 164, 371 (точки та лінія тренду чорного кольору) м. Полтава (побудовано автором)

Необхідно також відзначити загальну тенденцію у складі вод – збільшення досліджуваного компонента у східному напрямку, тобто, у бік водозабору № 722 (родовище питних підземних вод «Ливарне»). Останній знаходиться у

безпосередній близькості від тектонічних порушень, пов'язаних із Полтавським соляним діапіром.

Тобто, встановлено, що однією із основних умов активізації природного механізму збагачення F^- -ом підземних вод цільового комплексу є наявність та характер техногенного навантаження на питні підземні води території. На водозаборах м. Полтава активізація відбулася у період максимального техногенезу – 1976-1995 рр. [144, 145, 148].

Як висновок, автори вважають беззаперечним прямий зв'язок встановлених показників, які характеризують геологічні, еколого-гідрогеологічні та неотектонічні умови регіону робіт, із якісним складом цільових вод. На базі раціонального комплексування даних показників встановлено та досліджено сучасні превалюючі природні та техногенні фактори дестабілізації якості та гідродинамічного режиму підземних вод БКВК [103].

1. Поточне техногенне навантаження на ГС території:

- інтенсифікація водовідбору підземних вод;
- зміни гідродинамічних умов експлуатаційних водоносних комплексів за рахунок збільшення мережі водозаборів;
- утворення регіональних депресійних лійок експлуатаційних водоносних комплексів, накладання яких створює синергетичний ефект.

2. Неотектонічні умови даної території:

- знаходження у межах ділянок сучасного впливу водозаборів соляних діапірів та пов'язаних з ними розривних тектонічних порушень;
- значна сучасна геодинамічна активність земної кори, як фактор впливу на гідрогеоміграційні процеси у межах тектонічних порушень.

3. Геолого-гідрогеологічні особливості регіону:

- різке зменшення потужності та збільшення тріщинуватості мергельно-крейдової товщі, яка відділяє води БКВК від сеноман-нижньокрейдowego водоносного комплексу, у напрямку соляних діапірів;

- як наслідок – збільшення гідравлічного зв'язку БКВК із нижчезалягаючими підземними водами за рахунок інтенсифікації водовідбору;
- залягання у верхній частині бучацько-канівського комплексу та підшві відкладів київського віку регіонального шару фосфоритових конкрецій та підвищення його розчинності у поточних гідрогеохімічних умовах;
- висхідна та низхідна дифузія мінералізованих порових розчинів водотривів до вод БКВК.

Подальше прогнозування змін гідрогеохімічного стану цільових вод у процесі експлуатації водозаборів регіону повинно виконуватися з урахуванням цих режимоутворюючих чинників [103].

Висновки до розділу 3

1. У третьому розділі дисертаційної роботи обґрунтовано підхід здобувача до вивчення еколого-гідрогеологічної трансформації якісного складу вод БКВК на водозаборах центральної частини ДДАБ у сучасних природно-техногенних умовах.

2. На основі раціонального комплексування показників, що характеризують геологічні, еколого-гідрогеологічні та неотектонічні умови територій найбільш характерних водозаборів – встановлено та досліджено природні й техногенні фактори дестабілізації якості вод БКВК на сучасному етапі. Визначено, що це: поточне техногенне навантаження на ГС території, неотектонічні умови регіону, геолого-гідрогеологічні особливості ділянок.

3. Встановлено, що еколого-гідрогеологічна трансформація якості вод БКВК найбільш притаманна для ділянок «накладання» зон інтенсивного техногенного навантаження на підземні води (зони впливу потужних водозаборів) на території, у розрізі надр яких залягають соляні діапіри та пов'язані з ними тектонічні порушення. Саме тут водоносні комплекси зони активного водообміну отримують живлення за рахунок гідравлічного зв'язку із глибинними високомінералізованими водами.

4. Виявлено просторово-часові закономірності змін хімічного складу цих вод протягом періоду активного техногенного впливу на ГС регіону (1960-2020 рр.). Встановлено основні елементи-забруднювачі досліджуваних вод, з розподілом їх на поверхневі (NH_4^+ , NO_2^-) та глибинні (Cl^- , Na^+K^+ , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , V^{3+} , J^- , а як наслідок – підвищена мінералізація вод) за генезисом.

5. Визначено елементи-індикатори, які характеризують трансформацію якісного складу вод (Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , V^{3+} , J^-), та простежено динаміку до збільшення їх вмісту у процесі довгострокової експлуатації на близько 20 міських потужних водозаборах території робіт, найбільш характерними із яких є водозабори мм. Полтава, Карлівка, Красноград, Лубни, Хорол, Решетилівка.

6. За результатами кореляційного аналізу виявлено прямий позитивний зв'язок (коефіцієнти кореляції Пірсона $r = 0,7-0,9$) між вмістом характерних елементів-індикаторів у складі вод БКВК (Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , V^{3+} , J^- , загальна мінералізація) та величиною загального водовідбору в зоні впливу тектонічних порушень, пов'язаних із Полтавським соляним діапіром.

За допомогою отриманих закономірностей є можливість прогнозування змін якості підземних вод у залежності від величини водовідбору у подібних техногенних та геологічних умовах для підвищення екологічної безпеки питного водопостачання.

7. Отримало подальший розвиток вивчення природного механізму збагачення F^- -ом, який відноситься до елементів II класу небезпеки, питних підземних вод БКВК та ролі техногенної складової в даних процесах. Систематизовано наявні дані про даний механізм, який складається із 3 чинників. Визначено геофоновий вміст F^- (близько 2 мг/дм^3) та простежено зростання його вмісту у процесі активної експлуатації потужних водозаборів регіону. Розв'язано стратегічно важливу екологічну проблему регіону – доведено ключову роль техногенної складової (інтенсифікація водовідбору, розширення мережі водозаборів) у наявній тенденції до збільшення вмісту елементу у процесі експлуатації водозаборів регіону. Розуміння такого зв'язку

експлуатації та вмісту F^- дає можливість стабілізувати вміст елемента в водах комплексу для зменшення захворюваності населення.

РОЗДІЛ 4

КОМПЛЕКСНІ СИСТЕМИ РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА СТУПЕНЕМ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗНИЖЕННЯ ЯКОСТІ ПІТНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Як було встановлено у попередньому розділі, в сучасних еколого-гідрогеологічних умовах наявна трансформація хімічного складу підземних вод БКВК на території досліджень в сторону погіршення їх якості. Це відбувається внаслідок впливу цілого комплексу факторів. Одним із ключових є локальна недостатня природна захищеність вод цільового комплексу від техногенних та природних чинників забруднення [14, 91, 113, 152, 156].

А тому перед автором постало завдання створення ефективного та раціонального підходу до прогнозування змін екологічного стану підземних вод на водозаборах території робіт, що експлуатують БКВК, у сучасних природних і техногенних умовах. Для цього було необхідно виділити ділянки із підземними водами, які є вразливими до техногенних та природних факторів забруднення.

Розробка даних систем районування передбачала раціональне комплексування наявної методичної бази з оцінки захищеності (вразливості) питних підземних вод, виділення її сильних і слабких сторін та удосконалення останніх. У даному розділі здобувачем удосконалено методичний підхід до оцінки з урахуванням виявлених недоліків та сучасних реалій (див. розділ 1.3).

Необхідно додати, що поняття “захищеність підземних вод” більше підходить до природного стану цих вод, а “вразливість підземних вод” – це вже перехід до впливу техногенезу на ці води.

При аналізі найбільш вживаних методів оцінки захищеності (вразливості) підземних вод, виявлено ряд їх основних слабких сторін: необхідність наявності значного об’єму актуальної геоекологічної інформації, погрішності методів, відсутність оперативності при дослідженнях та ін. Але поряд з цим, всі методи мають один загальний недолік – це їх однобокість. Вони направлені

суто на вирішення питання оцінки ступеню захищеності (вразливості) підземних вод від поверхневого забруднення. Але у межах територій із активними тектонічними процесами та наявною сучасною геодинамічною активністю земної кори, до яких відноситься і регіон робіт, є необхідність також у оцінці небезпеки забруднення підземних вод глибинними високомінералізованими водами [46, 48, 50, 56, 58, 60, 149].

При регіональній оцінці захищеності (вразливості), проведену нами, найбільш доцільно використовувати індексно-рейтинговий метод або метод гідрогеологічного районування, адаптовані саме для заданих еколого-гідрогеологічних умов. Саме використання даних методів може забезпечувати в умовах відсутності у значній кількості актуальної еколого-гідрогеологічної інформації та її оперативної обробки зменшення часу у ланцюгу «отримання та обробка геоecологічної інформації – проведення оцінки території – отримання результатів оцінки – прийняття управлінських рішень на їх основі» [58, 149].

При цьому, наразі метод гідрогеологічного районування використовується, в основному, як допоміжний для проведення попереднього етапу оцінки при моделюванні еколого-гідрогеологічних процесів. Індексно-рейтингові методи є самостійними та довели свою ефективність у різних еколого-гідрогеологічних умовах по всьому світу [20, 29, 128, 135, 138, 140 та ін.].

Тому саме індексно-рейтингові методи оцінки здобувач використовував як базові. Дані методи були удосконалені на основі раціонального комплексування різнопланових показників, що характеризують сучасні природні та техногенні умови території (літологічні, гідрогеологічні та неотектонічні умови), та вибору найбільш репрезентативних із них.

Нижченаведені розробки базуються на аналізі результатів буріння понад 450 свердловин регіону, пробурених на БКВК, та понад 500 – на вищезалягаючі комплекси [80, 81], а також близько 500 замірів п'єзометричних рівнів сусідніх цільового та першого міжпластового водоносних комплексів протягом 1960-2020 рр. (за звітними матеріалами КП «Південукргеологія» та фондovими матеріалами ДНВП «Геоінформ України»).

Автор вважає доречним виділяти незалежну від джерела забруднення власну захищеність як внутрішню властивість системи підземних вод, яка характеризує чутливість цієї системи до техногенних і/або природних впливів, на відміну від специфічної захищеності до того чи іншого забруднювача [110]. Дану думку також розділяють багато дослідників, у т.ч. далекого зарубіжжя (J. Vrba і A. Zaporożec у роботі [167] та ін.).

Удосконалений автором методичний підхід до оцінки ризиків забруднення базується на наступних основних еколого-гідрогеологічних показниках:

1) інтенсивність техногенного навантаження на ГС та її зміни у межах території;

2) характер комплексної бар'єрної функції верхньої частини ГС, яка визначається літолого-фільтраційною захисною здатністю бар'єрів (шарів відкладів), які залягають між поверхнею землі та цільовим водоносним комплексом, у який можлива фільтрація забрудненої поверхневої води;

3) параметр фільтрації через регіонально витриманий роздільний шар слабопроникних відкладів, що залягає у покрівлі цільового водоносного комплексу;

4) вплив природних неотектонічних факторів на якість підземних вод цільового комплексу;

5) сучасна геодинамічна активність земної кори у межах регіону.

У роботі запропоновано методичний підхід до оцінки ризиків забруднення підземних вод від двох груп забруднювачів:

I) техногенні забруднювачі, які надходять у ці води у процесі низхідної вертикальної фільтрації та міграції із поверхні землі;

II) природні глибинні некондиційні води, які надходять у процесі висхідної міграції крізь тектонічні порушення.

Дослідження можуть обмежуватися виконанням оцінки ризиків забруднення тільки від першої чи другої групи забруднювачів, у залежності від встановленої цілі. У результаті кожного етапу складаються відповідні карти, які можуть використовуватися окремо або для складання комплексної синтетичної

карти. Використання незалежних компонентів (інтенсивність техногенного навантаження, захисна здатність відкладів, гідродинамічна характеристика водотриву, геодинамічна активність земної кори та ін.) робить даний підхід гнучким по відношенню до запитів різних користувачів.

Розглянемо більш детально кожен із етапів оцінки.

На першому етапі (*оцінка захищеності підземних вод від поверхневих факторів забруднення*) територія регіону досліджень умовно ділиться на блоки, розміри яких залежать від інтенсивності техногенного навантаження на ГС. Було проаналізовано характер розповсюдження існуючих та потенційних поверхневих джерел забруднення та виснаження підземних вод (рис. 4.1, 4.2). У межах регіону найбільш інтенсивний вплив здійснюють підприємства, що розташовані у межах великих міст (Полтава, Миргород, Красноград, Хорол, Гадяч, Карлівка та деякі ін.). Як правило, такі території охоплені водозабірними свердловинами найбільше, а відстані між ними мінімальні.

Тому нами були виділені зони інтенсивного та неінтенсивного техногенного навантаження на ГС. У межах перших, завдяки значної охопленості території свердловинами (відстань між сусідніми водозаборами від 50-500 м до 1-2 км), погрішність досліджень є мінімальною. У межах останніх (відстань складає 5-10 км) погрішність є вищою, але це компенсується відсутністю значного техногенного пресингу на підземні води даних ділянок.

Далі вирішувалися наступні завдання: - оцінка літолого-фільтраційної захисної здатності шарів відкладів, які залягають між поверхнею землі та цільовим водоносним комплексом;

- оцінка параметру фільтрації через регіонально витриманий роздільний шар слабопроникних відкладів, який є найнадійнішим природним бар'єром для забруднювачів поверхневого характеру.

Їх вирішення було об'єднано у визначення категорії захищеності підземних вод від поверхневих факторів забруднення. Вона розраховується у кожному блоці досліджуваної території як сума 5 показників, які помножені на відповідні їм рейтингові (вагові) коефіцієнти:

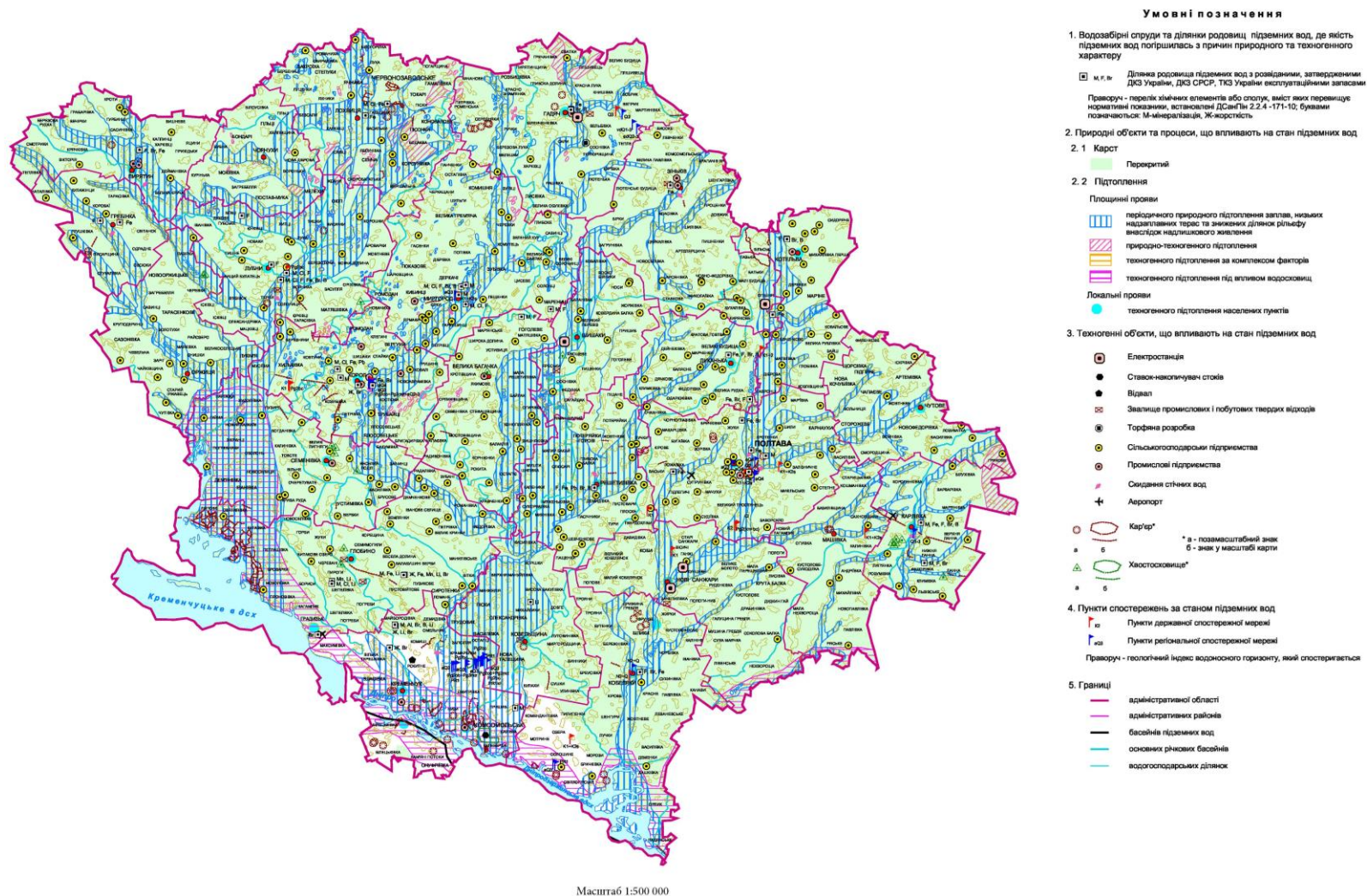


Рис. 4.1. Карта-схема розповсюдження існуючих та потенційних джерел поверхневого забруднення та виснаження підземних вод у межах Полтавської області станом на 2016 р.

(за фондовими матеріалами ДНВП «Геоінформ України»)

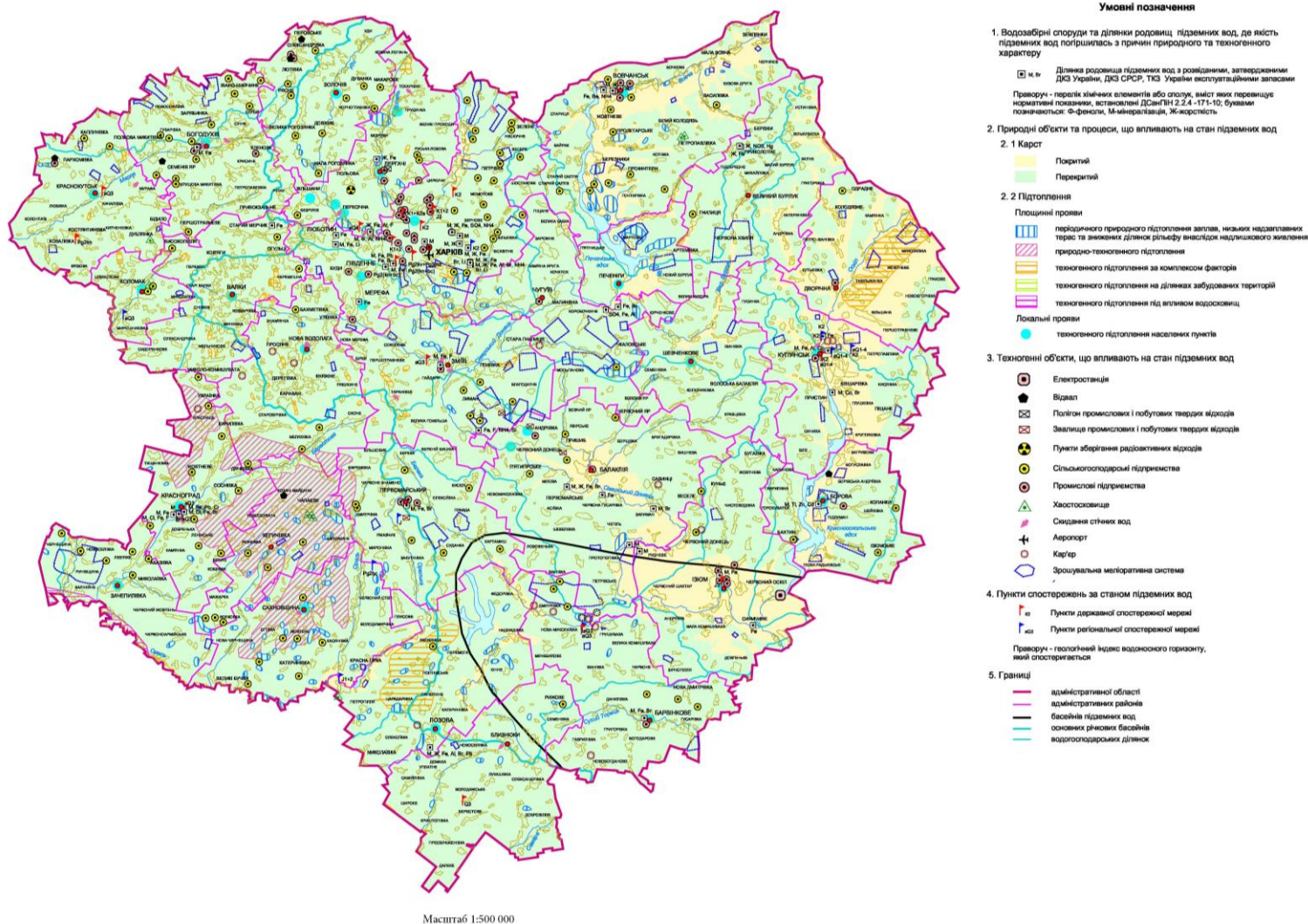


Рис. 4.2. Карта-схема розповсюдження існуючих та потенційних джерел поверхневого забруднення та виснаження підземних вод у межах Харківської області станом на 2016 р. (за фондovими матеріалами ДНВП «Геоінформ України»)

$$\text{Категорія захищеності} = k_1 \text{ П1} + k_2 \text{ П2} + k_3 \text{ П3} + k_4 \text{ П4} + k_5 \text{ П5},$$

де **П1** – показник літології верхньої (приповерхневої) частини розрізу;

П2 – показник власної геологічної захищеності першого міжпластового водоносного комплексу;

П3 – показник проникності відкладів першого міжпластового водоносного комплексу;

П4 – показник проникності роздільного шару;

П5 – показник швидкості вертикального перетікання крізь роздільний шар.

Кожен із цих показників оцінюється за 5-ти бальною шкалою у відповідності із спеціально розробленими таблицями, по яким встановлюється його значення у залежності від локальних гідрогеологічних характеристик. Вагові коефіцієнти $k_1 - k_5$ визначають відносну важливість даного показнику в оцінці.

Наведені далі геолого-гідрогеологічні умови території – згідно [3, 32, 33, 86, 87].

Показник літології верхньої (приповерхневої) частини розрізу. Досліджуваний регіон був умовно поділений на ділянки трьох типів відносно літологічного складу відкладів четвертинного віку:

1) відклади у межах ділянок I-ого типу притаманні долинам найкрупніших річок регіону (рр. Ворскла, Псел, Сула, Хорол) та їх найбільших притоків. Вони представлені лише добре проникними алювіальними різнозернистими пісками (aQ_{IV}) товщиною, в основному, близько 10-20 м. Підземні води у межах даних ділянок є найуразливішими до можливого техногенного забруднення, так як у їх покрівлі відсутні слабопроникні породи, які могли би слугувати фізичними бар'єрами для забруднюючих речовин. Було вирішено прийняти дані геолого-гідрогеологічні та літологічні особливості цієї частини розрізу відносно загальної категорії захищеності БКВК за мінімальний показник – **1 бал**;

2) ділянки II-ого типу характерні для схилів долин річок та деяких територій у міжріччях найкрупніших річок регіону (Ворскла, Псел, Сула, Хорол). У розрізі цих ділянок присутній як шар алювіальних різнозернистих

пісків тієї ж потужності, так і незначний шар лесових суглинків (vdQ_{II-III}) товщиною до 5-10 м. Останні виступають у ролі незначних, але все ж бар'єрів для можливого проникнення техногенних забруднювачів нижче по розрізу. Дані особливості розрізу приймаються за **2 бали**;

3) у межах ділянок III-ого типу (основна частина водороздільних територій) дана частина розрізу складається із більш потужного шару слабопроникних порід – лесових та піщанистих суглинків ($vdQ_{II-III} + g, gl, f, lQ_{II} + vd, lQ_I$) потужністю до 30-50 м і більше, що у 3-5 разів більше потужності даних відкладів у межах ділянок II-ого типу. Умови захищеності підземних вод тут є значно сприятливішими відносно інших. Тому дані особливості розрізу приймаються за максимальний показник – **5 балів**.

Показник власної геологічної захищеності першого міжпластового водоносного комплексу. Він виражається у розподілі по площі регіону універсального міграційного показнику середовища – питомої проникності, який розраховувався за допомогою відношення k/m , де: k , м/добу – коефіцієнт фільтрації досліджуваних відкладів; m , м – потужність даного шару. Досліджувалися слабопроникні породи у покрівлі та безпосередньо у товщі водоносного комплексу олігоцен-пліоценових (P_3+N_2) або олігоцен-міоценових (P_3+N_1) відкладів.

У покрівлі комплексу залягають пліоцен-нижньочетвертинні піщанисті глини (N_2-Q_1), у товщі – прошарки олігоценових піщанистих глин (P_3). Пліоцен-нижньочетвертинні глини виклинюються лише у межах долин найкрупніших річок регіону та їх притоків, олігоценові глини розповсюджені повсюдно. Загальна сумарна потужність вищенаведених глинистих відкладів у розрізі регіону досліджень складає від 1 до 102 м. При розрахунку питомої проникності коефіцієнт фільтрації даних слабопроникних відкладів, з причини однорідності порід, сталий та, для надійності, приймається за максимальне значення (згідно з даними, наведеними у розділі 2.2) – 10^{-3} м/добу.

Спочатку проводився розподіл питомої проникності порід по площі. Потім визначалися характерні інтервали його значень, які б найширше

характеризували його у межах регіону робіт. І наостанок кожен інтервал значень приймався за відповідний йому бальний показник категорії захищеності – від мінімального (1 бал) до максимального (5 балів) – таким чином, що при збільшенні значень питомої проникності відкладів зменшується їх захисна здатність, а з нею – і показник категорії захищеності та навпаки (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1

Розподіл показнику власної геологічної захищеності першого міжпластового водоносного комплексу за балами (складено автором)

Питома проникність, діб⁻¹	Показник категорії захищеності, бали
$>6,7 \times 10^{-5}$	1
$6,7 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}$	2
$5 \times 10^{-5} - 3,3 \times 10^{-5}$	3
$3,3 \times 10^{-5} - 2,5 \times 10^{-5}$	4
$<2,5 \times 10^{-5}$	5

Показник проникності відкладів першого міжпластового водоносного комплексу. Виражається у розподілі по площі показнику питомої проникності проникних порід у товщі водоносного комплексу олігоцен-пліоценових або олігоцен-міоценових відкладів. Це різнозерністі піски, часто глинисті, їх загальна товщина складає від 1 до 150 м. Коефіцієнт фільтрації даних відкладів, згідно розрахункових даних, у середньому складає близько 3 м/добу.

Методика розрахунку даного показнику та його розподілу відносно бального показнику категорії захищеності така ж сама, як і у попереднього (таблиця 4.2).

Показник проникності роздільного шару. Досліджувалися літолого-фільтраційні властивості роздільного шару водотривких порід кийвського віку (P_2kv), які залягають у покрівлі БКВК. Це щільні глини та мергелі. Їх потужність у розрізі надр регіону змінюється від 1 до 67 м. При розрахунку питомої проникності коефіцієнт фільтрації даних відкладів, з причини

однорідності порід, сталий та, для надійності, приймається за максимальне значення (згідно з даними, наведеними у розділі 2.2) – 10^{-4} м/добу.

Методика розрахунку така ж сама, як і у попередніх показників (таблиця 4.3).

Таблиця 4.2

Розподіл показнику проникності відкладів першого міжпластового водоносного комплексу за балами (складено автором)

Питома проникність, діб ⁻¹	Показник категорії захищеності, бали
>0,3	1
0,3-0,15	2
0,15-0,1	3
0,1-0,075	4
<0,075	5

Таблиця 4.3

Розподіл показнику проникності роздільного шару за балами (складено автором)

Питома проникність, діб ⁻¹	Показник категорії захищеності, бали
$>5 \times 10^{-6}$	1
$5 \times 10^{-6} - 4 \times 10^{-6}$	2
$4 \times 10^{-6} - 3,3 \times 10^{-6}$	3
$3,3 \times 10^{-6} - 2,9 \times 10^{-6}$	4
$<2,9 \times 10^{-6}$	5

Показник швидкості вертикального перетікання крізь роздільний шар. Динамічною складовою оцінки є показник фільтрації через єдиний регіонально витриманий роздільний шар-водотрив між поверхнею та цільовим водоносним комплексом. Це відклади київського віку. Згідно з передумовою Мятієва-Гиринаського про вертикальний характер перетікання між водоносними комплексами [82], у ролі даного показнику виступає параметр швидкості вертикального перетікання. Показник визначався за формулою:

$$w = k/m (H_1 - H_2), \quad (4.1)$$

де k/m – питома проникність порід роздільного шару (k , м/добу – коефіцієнт фільтрації; m , м – потужність шару);

H_1-H_2 – різниця між абсолютними відмітками п'єзометричних рівнів сусідніх першого міжпластового та цільового водоносних комплексів відповідно.

Різниця рівнів H_1-H_2 має особливе значення, так як співвідношення рівнів обумовлює можливість та характер надходження забруднюючих речовин до цільового водоносного комплексу і має велике значення для його захищеності [14].

У процесі оцінки категорії захищеності було виділено три випадки різниці рівнів: 1) $H_1 < H_2$; 2) $H_1 \approx H_2$; 3) $H_1 > H_2$. У першому випадку, коли рівні БКВК вищі рівнів наступного вищезалягаючого комплексу, при витриманості шару слабопроникних водотривких порід у покрівлі, який забезпечує збереження цього перепаду рівнів, цільовий водоносний комплекс можна вважати умовно захищеним від поверхневого забруднення. При такому співвідношенні рівнів, коли вертикальний градієнт потоку направлений знизу вверх (позитивний градієнт), надходження конвективним шляхом забруднюючих речовин із вищезалягаючого комплексу до нижчезалягаючого є неможливим. Рух забруднюючих речовин через водотрив у нижній водоносний комплекс у цих умовах може відбуватися тільки за механізмом молекулярної дифузії. Але дифузійний перенос буде гальмуватися, так як градієнт концентрації, який обумовлює процес дифузії, та вертикальний градієнт напору направлені у протилежні сторони (назустріч один одному). Тому дані гідрогеологічні умови характеризують найкращу захищеність напірних вод від надходження до них забруднюючих речовин із вищезалягаючого комплексу [14].

У процесі досліджень було визначено, що перший випадок притаманний для ділянок у межах долин найкрупніших річок регіону та їх притоків. Це обумовлюється тим, що, згідно робіт [108], саме у межах долин крупних річок та деяких інших понижених форм рельєфу, які сприяють розвантаженню підземних вод, встановлюється переважно висхідний напрямок руху підземних

вод у системі поверхово залягаючих водоносних комплексів та слабопроникних шарів.

Менш сприятливою є гідродинамічна ситуація, коли рівні нижче- та вищезалягаючого комплексів співпадають ($H_1 \approx H_2$). У цьому випадку відсутній направлений знизу вверх вертикальний градієнт напору, який перешкоджає руху забруднюючих речовин зверху. Але у той же час відсутній направлений зверху вниз градієнт напору (негативний градієнт), за рахунок якого міг би відбуватися перетік через водотрив забруднених вод зверху. Можливе надходження забруднюючих речовин у БКВК із вищезалягаючого комплексу відбувається за рахунок дифузії, яка у даних умовах не гальмується відсутнім позитивним градієнтом напору [14].

Найбільш несприятливими гідродинамічними умовами для категорії захищеності БКВК є такі, коли рівні цільового комплексу нижче рівнів вищезалягаючого ($H_1 > H_2$). У даному випадку має місце направлений зверху вниз вертикальний градієнт напору, і виникають гідродинамічні умови для перетікання забруднених вод до нижчезалягаючого комплексу. Перенос забруднюючих речовин через водотрив може відбуватися за рахунок спільної дії конвекції та дифузії, які спрямовані в одну сторону [14].

Було визначено, що показник швидкості вертикального перетікання крізь роздільний шар є динамічним і активно змінювався протягом періоду активного техногенного навантаження на ГС та, зокрема, на питні підземні води регіону робіт (1960-2020 рр.).

Отримані характерні інтервали значень приймалися за відповідні їм бальні показники категорії захищеності – від мінімального (1 бал) до максимального (5 балів) – таким чином, що при збільшенні значень швидкості перетікання зменшується показник категорії захищеності та навпаки. У межах ділянок, де вертикальна швидкість перетікання крізь роздільний шар була менше 0, при витриманості даного слабопроникного водотривкого шару порід, цільовий водоносний комплекс вважався умовно захищеним від поверхневого забруднення (таблиця 4.4).

**Розподіл показнику швидкості вертикального перетікання крізь
роздільний шар за балами (складено автором)**

Швидкість вертикального перетікання крізь роздільний шар, м/добу	Показник категорії захищеності, бали
$>10^{-4}$	1
$10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$	2
$5 \times 10^{-5} - 10^{-5}$	3
$10^{-5} - 10^{-7}$	4
$10^{-7} - 0$	5
<0	Умовно захищені від поверхневого забруднення

Окрім розробленої 5-бальної шкали для кожного показнику, не менш важливим етапом робіт був розрахунок вагових коефіцієнтів $k_1 - k_5$, які визначають відносну важливість кожного показнику в загальній системі оцінки. Оптимальною для визначення вагових коефіцієнтів визначено більш гнучку 10-бальну шкалу – від 1 до 10. Чим більше бал – тим більша важливість даного показнику. За 1 бал приймалися параметри із мінімальною захисною здатністю, за 10 – із максимальною.

Найбільше значення для оцінки категорії захищеності БКВК мають літолого-фільтраційні характеристики роздільного слабопроникного шару відкладів, який залягає у покрівлі комплексу. Він є першим у розрізі надр регіону водотривом, який має повсюдне розповсюдження та складається, в основному, виключно із щільних порід – глин та мергелів. Він є єдиним надійним бар'єром для проникнення забруднюючих речовин із ґрунтових вод та вод олігоцен-пліоценових (олігоцен-міоценових) відкладів. Тому вагові коефіцієнти k_4 (проникність роздільного шару) та k_5 (швидкість вертикального перетікання крізь нього) прийняті за максимальні значення – 10.

Наступним по важливості є коефіцієнт k_2 . Він характеризує захисну здатність водотривких порід у покрівлі та товщі вищезалягаючого, відносно

цільового, водоносного комплексу. Дані породи не відзначаються регіональною сталістю потужності та літологічного складу. Пліоцен-нижньочетвертинні відклади виклинюються у межах долин крупних річок та їх притоків. Товщина олігоценових слабопроникних порід змінюється у досить суттєвих межах, зменшуючись на окремих ділянках до 1 м. При цьому літологічний склад даних відкладів представлений, в основному, піщанистими глинами, які є більш проникними за відклади кийвського віку (коефіцієнт фільтрації перших складає близько 10^{-3} м/добу, останніх – 10^{-4} м/добу). На основі вищенаведеного, автором було вирішено прийняти значення k_2 за 5, що у 2 рази менше максимального.

Найбільш проникними є відклади приповерхневої частини розрізу та першого міжпластового водоносного комплексу. При чому захисна здатність даних відкладів порівнянна. Це наглядно видно в таблиці 4.5, де приводиться порівняння їх літологічного складу та загальної питомої проникності.

Таблиця 4.5

Порівняння параметру питомої проникності порід верхньої частини розрізу та першого міжпластового водоносного комплексу
(складено автором)

Показник категорії захищеності, бали	Літологічний склад порід, їх товщина (розрахований середній показник питомої проникності відкладів)	
	Верхня (приповерхнева) частина розрізу	Перший міжпластовий водоносний комплекс
1	Різнзернисті піски, 10-20 м ($0,6 \text{ діб}^{-1}$)	Різнзернисті глинисті піски, до 10 м ($0,6 \text{ діб}^{-1}$)
2	Різнзернисті піски, 10-20 м; лесові суглинки, 5-10 м ($0,3 \text{ діб}^{-1}$)	Різнзернисті глинисті піски, 10-20 м ($0,2 \text{ діб}^{-1}$)
3	-	Різнзернисті глинисті піски, 20-30 м ($0,12 \text{ діб}^{-1}$)
4	-	Різнзернисті глинисті піски, 30-40 м ($0,08 \text{ діб}^{-1}$)
5	Лесові і піщані суглинки, від 5-10 до 30-50 м ($0,02 \text{ діб}^{-1}$)	Різнзернисті глинисті піски, 40-150 м ($0,03 \text{ діб}^{-1}$)

Тому вагові коефіцієнти k_1 та k_3 прийняті за однакові значення. Також вони повинні бути максимально наближені до мінімального значення – 1 – так як дані відклади мають значно меншу захисну здатність порівняно з іншими. А так

як поряд з добре проникними піщаними породами до їх складу все ж таки входять слабопроникні – лесові суглинки та суттєво глинисті піски – коефіцієнти k_1 та k_3 прийняті за значення трохи більше за мінімальне, яке відводилося для суто проникних порід. Дані вагові коефіцієнти здобувачем прийняті за 1,5 кожен.

Загальний розподіл вищенаведених показників відносно оцінки категорії захищеності цільового водоносного комплексу наведений у таблиці 4.6.

Після визначення усіх п'яťох складових оцінки, проводився підрахунок отриманих балів по кожному блоку території з використанням ГІС-інструментів. Отриманий результат визначив категорії захищеності підземних вод від поверхневого забруднення. Також були розраховані зміни даного показнику за період дослідження (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7

Зміни категорій захищеності цільових вод за 1960-2020 рр.

(складено автором)

Зміни категорій захищеності, бали	Розповсюдженість, % від загальної площі
+1 – -1	75
-1 – -10	16
-10 – -20	6
-20 – -30	2
<-30	1

На рис. 4.3, 4.4 наведені карти-схеми із розрахованими показниками захищеності вод БКВК у межах центральної частини ДДАБ для гідродинамічних умов періодів 1960-1965 рр. та 2010-2020 рр.

Також побудовано результуючу карту-схему зі змінами показнику захищеності підземних вод БКВК від поверхневого забруднення в центральній частині ДДАБ для гідродинамічних умов періоду 1960-2020 рр. (рис. 4.5), на якій чітко видно дані просторово-часові закономірності (таблиця 4.8).

Таблиця 4.6

Загальний розподіл показників оцінки категорії захищеності цільового водоносного комплексу (складено автором)

№.№ з/п	Назва показнику	Параметр, який визначається та одиниця виміру	Інтервал значень	Показник категорії захищеності, бали	Ваговий коефіцієнт
1	Літологія верхньої (приповерхневої) частини розрізу	Визначення характерного літологічного складу відкладів верхньої частини розрізу відповідно до типових ділянок	Ділянки I-ого типу	1	1,5
			Ділянки II-ого типу	2	
			Ділянки III-ого типу	5	
2	Власна геологічна захищеність першого міжпластового водоносного комплексу	Питома проникність слабопроникних порід у покрівлі та безпосередньо у товщі першого міжпластового водоносного комплексу, діб ⁻¹	$>6,7 \times 10^{-5}$	1	5
			$6,7 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}$	2	
			$5 \times 10^{-5} - 3,3 \times 10^{-5}$	3	
			$3,3 \times 10^{-5} - 2,5 \times 10^{-5}$	4	
			$<2,5 \times 10^{-5}$	5	
3	Проникність відкладів першого міжпластового водоносного комплексу	Питома проникність проникних порід у товщі першого міжпластового водоносного комплексу, діб ⁻¹	$>0,3$	1	1,5
			0,3-0,15	2	
			0,15-0,1	3	
			0,1-0,075	4	
			$<0,075$	5	
4	Проникність роздільного шару	Питома проникність регіонально витриманого роздільного шару слабопроникних порід, який залягає у покрівлі цільового водоносного комплексу, діб ⁻¹	$>5 \times 10^{-6}$	1	10
			$5 \times 10^{-6} - 4 \times 10^{-6}$	2	
			$4 \times 10^{-6} - 3,3 \times 10^{-6}$	3	
			$3,3 \times 10^{-6} - 2,9 \times 10^{-6}$	4	
			$<2,9 \times 10^{-6}$	5	
5	Швидкість вертикального перетікання крізь регіонально витриманий роздільний шар слабопроникних порід у покрівлі цільового водоносного комплексу, м/добу	Швидкість вертикального перетікання крізь регіонально витриманий роздільний шар слабопроникних порід у покрівлі цільового водоносного комплексу, м/добу	$>10^{-4}$	1	10
			$10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$	2	
			$5 \times 10^{-5} - 10^{-5}$	3	
			$10^{-5} - 10^{-7}$	4	
			$10^{-7} - 0$	5	
			<0	Умовно захищені від поверхневого забруднення	

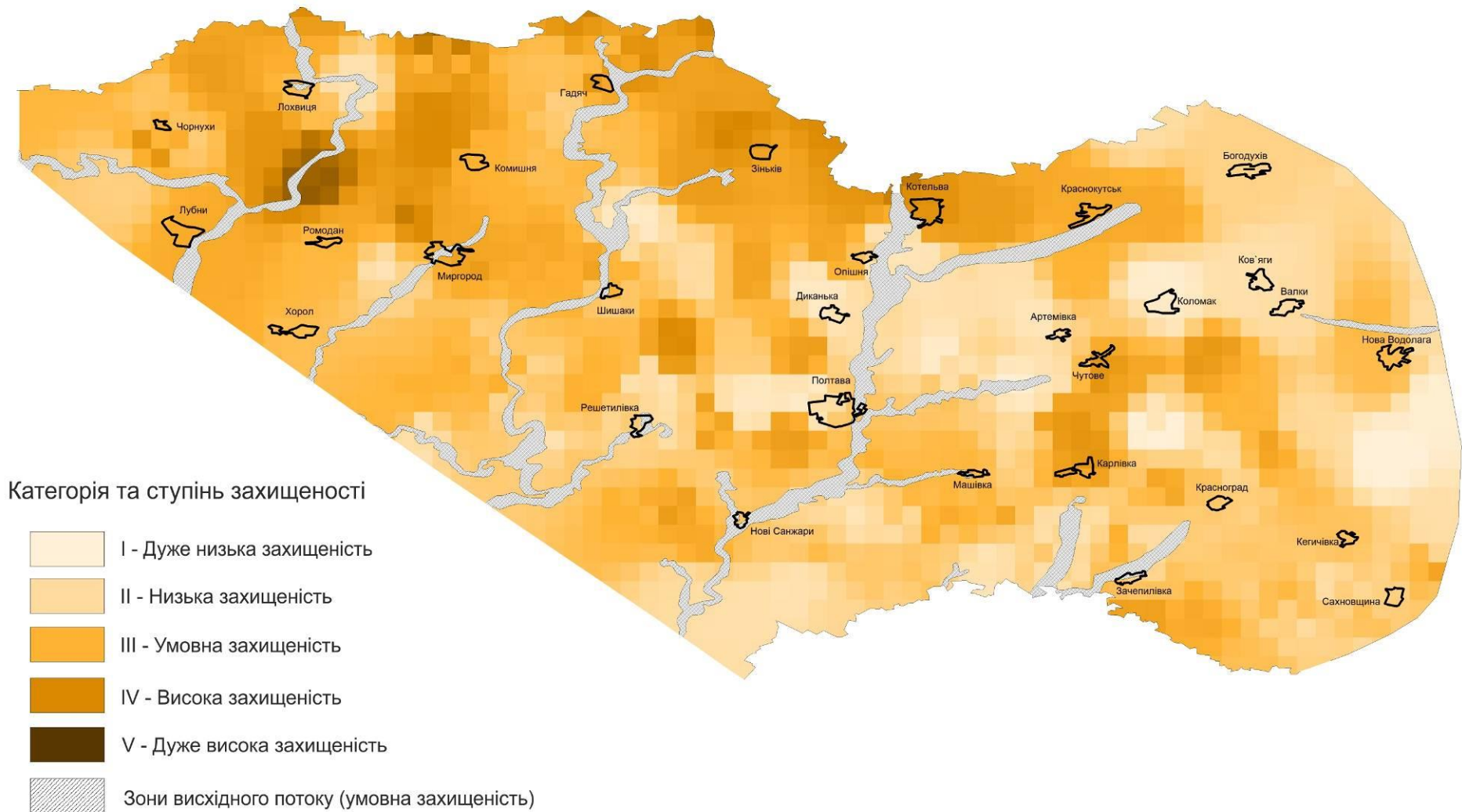


Рис. 4.3. Карта-схема показнику захищеності підземних вод БКВК від поверхневого забруднення в центральній частині ДДАБ для гідродинамічних умов періоду 1960-1965 рр. (побудовано автором)

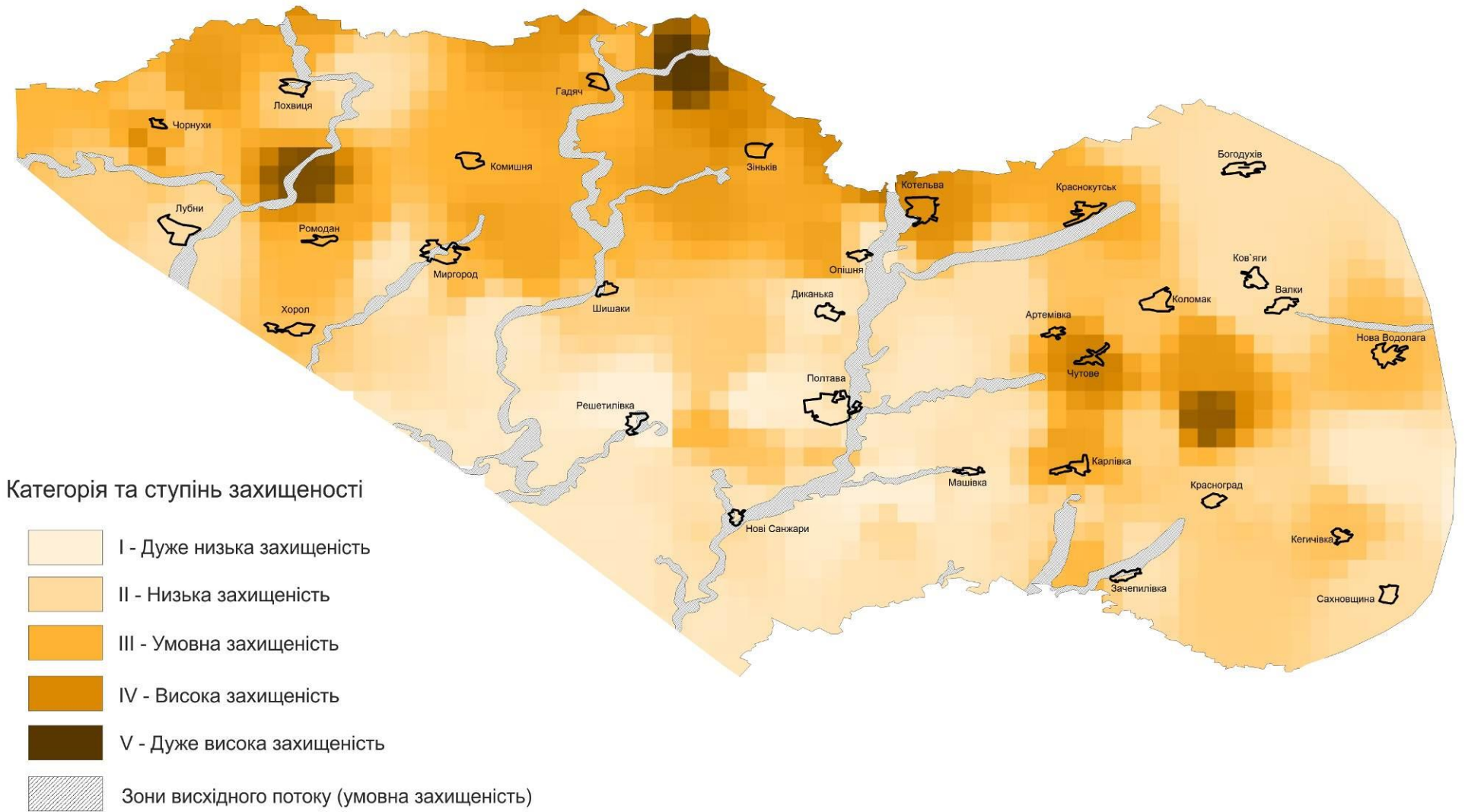


Рис. 4.4. Карта-схема показнику захищеності підземних вод БКВК від поверхневого забруднення в центральній частині ДДАБ для гідродинамічних умов періоду 2010-2020 рр. (побудовано автором)

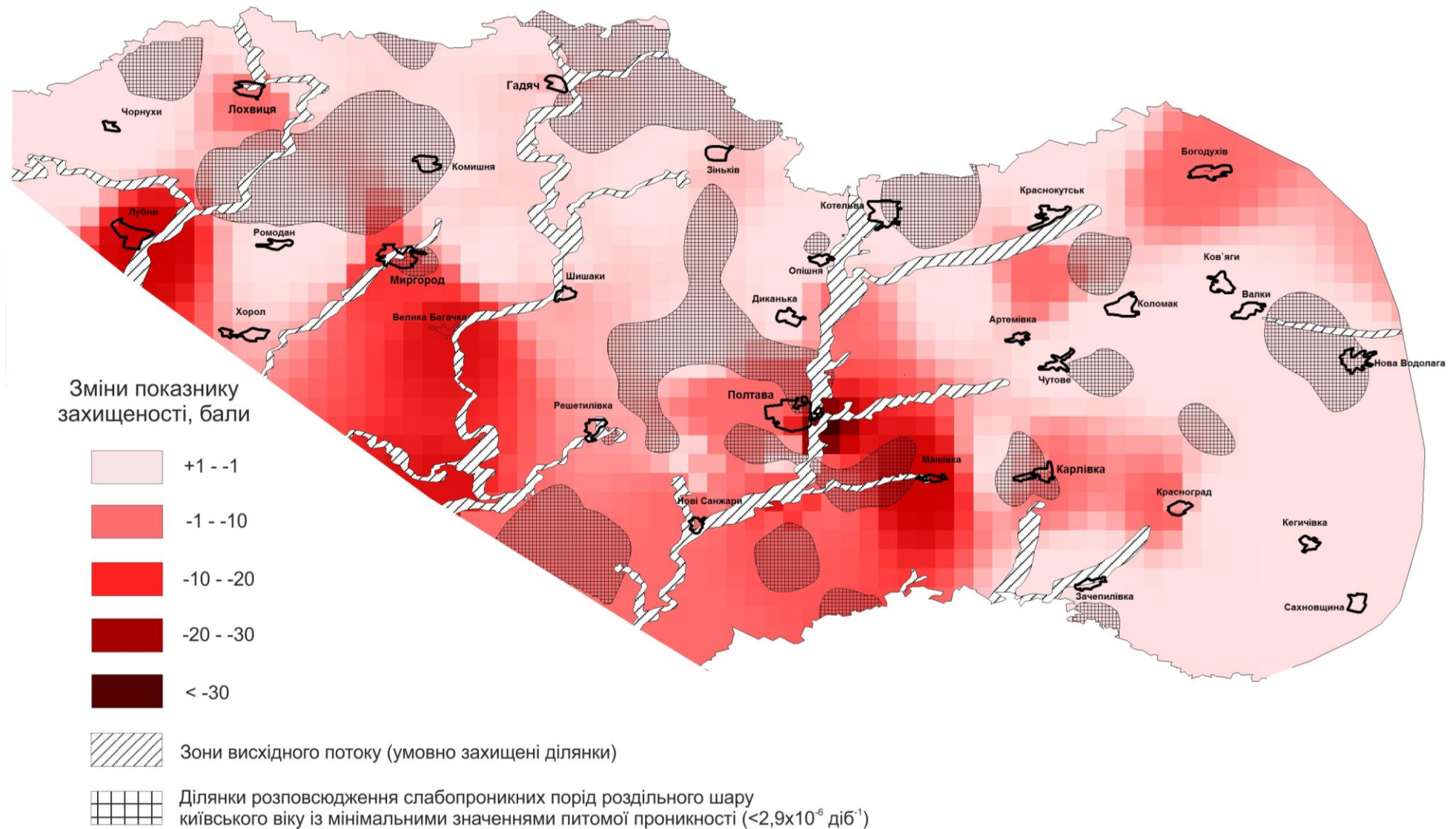


Рис. 4.5. Карта-схема змін показнику захищеності підземних вод БКВК від поверхневого забруднення в центральній частині ДДАБ для гідродинамічних умов періоду 1960-2020 рр. (побудовано автором)

Таблиця 4.8

Визначені категорії захищеності підземних вод БКВК від поверхневого забруднення (складено автором)

Показник категорії захищеності, бали	Категорія захищеності	Ступінь захищеності	Розповсюдженість у 1960-1965 рр., % від загальної площі	Розповсюдженість у 2010-2020 рр., % від загальної площі	Зміни за 60 років, % від загальної площі
28-52,5	1	Дуже низька захищеність	10	13	+3
52,5-77	2	Низька захищеність	20	38	+18
Разом 1+2 категорії (<i>незахищені</i>)			30	51	+21
77-101,5	3	Умовна захищеність (у т.ч. зони висхідного потоку)	46	28	-18
101,5-126	4	Висока захищеність	23	18	-5
126-140	5	Дуже висока захищеність	1	3	+2
Разом 4+5 категорії (<i>захищені</i>)			24	21	-3

Причини даних змін у динамічній складовій оцінки – інтенсивності фільтрації крізь роздільний шар. Отримані градації зміни сучасної (станом на 2010-2020 рр.) швидкості вертикальної фільтрації у межах досліджуваної території є досить широкими та змінюються (не враховуючи ділянок висхідного потоку) від 0 до 1460 мм/рік. Це зумовлюється наявністю діючих водозаборів в районі м. Полтава, а також найбільших міст регіону (Миргород, Лубни, Красноград, Лохвиця та деякі ін.), які активно експлуатують цільовий, бучацько-канівський та нижчезалягаючий, сеноман-нижньокрейдний водоносні комплекси і формують депресійні лійки зі значними складовими низхідного живлення в цільовий комплекс.

На другому етапі роботи виконувалася **оцінка захищеності підземних вод від природних неотектонічних факторів зниження якості цих вод.**

У попередньому розділі визначені геоекологічні особливості трансформації якості підземних вод БКВК під дією даних факторів. Зокрема, встановлено, що максимальні зміни складу характерні для ділянок «накладання» зон інтенсивного техногенного навантаження на підземні води (зони впливу потужних водозаборів) на території, у розрізі надр яких залягають соляні діапіри та пов'язані з ними тектонічні порушення. Саме тут водоносні комплекси зони активного водообміну отримують живлення за рахунок гідравлічного зв'язку із глибинними високомінералізованими водами.

На прикладі динаміки вмісту елементів-індикаторів еколого-гідрогеологічного стану підземних вод БКВК за 60-ти річний період часу у межах вищенаведених ділянок, встановлені розміри території, у межах якої спостерігається максимальне погіршення якості підземних вод. Це ділянки у радіусі 5 км навколо встановлених тектонічних порушень. Детальніше про це – у розділі 3.2.

Проаналізувавши усі подібні випадки у межах регіону досліджень, територія була умовно поділена на блоки, однакові за розмірами – 5x5 км.

Далі проводилася оцінка сучасної геодинамічної активності земної кори регіону. Ми вважаємо, що цей параметр має вплив на гідрогеоміграційні

процеси крізь тектонічні порушення. Показник розрахований за допомогою дослідження сумарних амплітуд неоген-четвертинних рухів земної кори у межах території досліджень. Були розраховані характерні інтервали значень показнику, яким відповідають індекси захищеності від А до Е (таблиця 4.9).

Таблиця 4.9

Визначені індекси захищеності підземних вод від природних факторів забруднення (складено автором)

Сумарна амплітуда неоген-четвертинних рухів земної кори, м	Індекс захищеності
<130	А
130-140	В
140-150	С
150-160	Д
>160	Е

На рис. 4.6 наведена карта-схема інтенсивності сучасних рухів земної кори як фактору, що впливає на захищеність підземних вод БКВК від природних неотектонічних чинників зниження їх якості в центральній частині ДДАБ через проникність тектонічних порушень.

Потім поєднуються обидва етапи робіт за допомогою суміщення категорій та індексів захищеності. У результаті, отримуємо комплексну систему районування території за ризиками дестабілізації якості підземних вод, які викликані техногенними (поверхневими) та природними (глибинними) факторами. Вона складається із 25 різних комбінацій категорій та індексів (таблиця 4.10).

У результаті ГІС-обробки отримуємо відповідну карту районування території за ризиками забруднення підземних вод. Умовні позначення карти наступні: ступінь захищеності від поверхневого забруднення показується кольором, від природного – відповідними індексами на зонах карти.

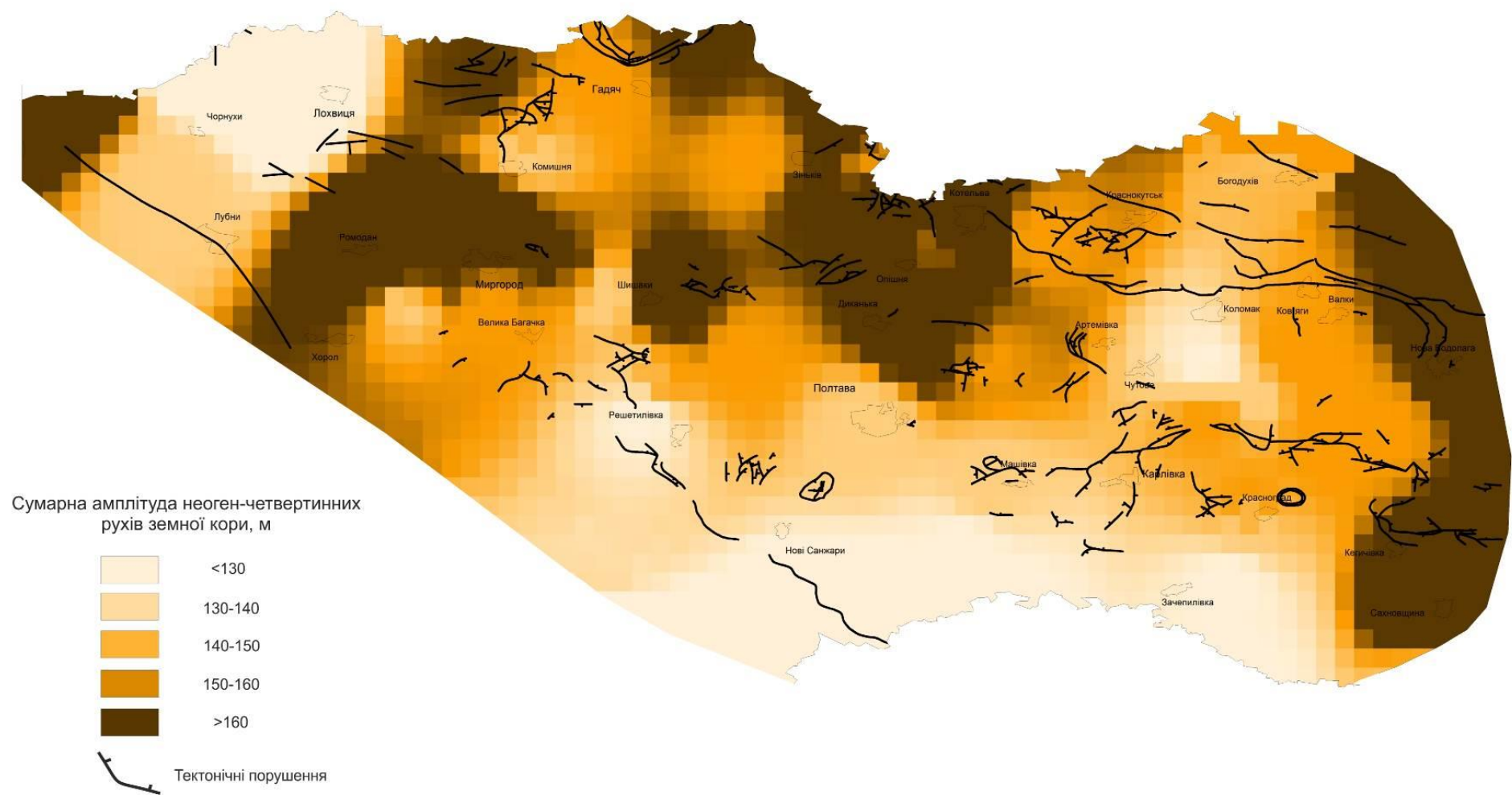


Рис. 4.6. Карта-схема інтенсивності сучасних рухів земної кори як фактору, що впливає на захищеність підземних вод БКВК від природних неотектонічних чинників зниження їх якості в центральній частині ДДАБ через проникність тектонічних порушень (побудовано автором)

Таблиця 4.10

Підсумкові градації комплексної системи районування (складено автором)

Підсумкові градації захищеності	Ступінь захищеності від поверхневого забруднення	Ступінь захищеності від глибинного забруднення
E1	Дуже низька	Дуже низька
D1		Низька
C1		Умовна
B1		Висока
A1		Дуже висока
E2	Низька	Дуже низька
D2		Низька
C2		Умовна
B2		Висока
A2		Дуже висока
E3	Умовна	Дуже низька
D3		Низька
C3		Умовна
B3		Висока
A3		Дуже висока
E4	Висока	Дуже низька
D4		Низька
C4		Умовна
B4		Висока
A4		Дуже висока
E5	Дуже висока	Дуже низька
D5		Низька
C5		Умовна
B5		Висока
A5		Дуже висока

У результаті, визначено зони підвищеної екологічної небезпеки зниження якості питних підземних вод БКВК за рахунок елементів поверхневого (південна та, частково, західна частини території) та глибинного (північна, центральна, східна частини) генезису.

Таким чином, удосконалений методичний підхід до оцінки ризиків забруднення дозволяє визначити можливі вертикальні шляхи міграції забруднюючих компонентів до цільового водоносного комплексу. Він є

комплексним та раціональним, його можливо пристосувати до будь-яких гідрогеологічних умов. Також він є достатньо нескладним, завдяки чому можливо ефективно та оперативно оцінити небезпеку забруднення та розробити комплексні цільові системи екологічної безпеки підземних вод, відсутність яких є стратегічною проблемою для всієї України.

Висновки до розділу 4

1. Розроблено комплексні системи районування території центральної частини ДДАБ за ступенем екологічної небезпеки зниження якості питних підземних вод БКВК. Встановлено, що вони є ефективним інструментом для прогнозування змін екологічного стану підземних вод на водозаборах території робіт у сучасних природних і техногенних умовах.

2. Удосконалено методичний підхід до оцінки небезпеки забруднення підземних вод за допомогою розробки бальної оцінки захищеності вод від двох груп забруднювачів:

I) техногенні забруднювачі, які надходять у ці води у процесі низхідної вертикальної фільтрації та міграції із поверхні землі;

II) природні глибинні некондиційні води, які надходять у процесі висхідної міграції крізь тектонічні порушення.

3. Визначено, що ключовими геоекологічними показниками при цьому є:

- інтенсивність техногенного навантаження на ГС та її зміни у межах території;

- літолого-фільтраційна захисна здатність шарів відкладів, які залягають між поверхнею землі та бучацько-канівським водоносним комплексом;

- параметр фільтрації через регіонально витриманий роздільний шар слабопроникних відкладів, що залягає у покрівлі цільового водоносного комплексу;

- вплив природних неотектонічних факторів на якість підземних вод БКВК;

- сучасна геодинамічна активність земної кори у межах регіону.

4. Визначено зони підвищеної екологічної небезпеки зниження якості питних підземних вод БКВК за рахунок елементів поверхневого (південна та, частково, західна частини території) та глибинного (північна, центральна, східна частини) генезису.

РОЗДІЛ 5

РЕКОМЕНДАЦІЙНІ ЗАХОДИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Діючі заходи для контролю за змінами якості питних підземних вод, які базуються на існуючих методичних рекомендаціях [9, 16, 26, 27, 66, 67 та ін.], є: - суттєво фінансово та ресурсно витратними; - потребують значного часу для збору, аналізу даних та розробки відповідних рекомендацій. В сучасних економічних та екологічних умовах це є неприпустимим.

Тому наразі одними із ключових завдань екологів та гідрогеологів є розробка 2 складових вирішення даної проблеми. По-перше, удосконалення заходів для контролю за змінами якості підземних вод на стратегічно важливих діючих водозаборах регіону. Необхідно збільшити ефективність діючих заходів за рахунок зменшення витрат і скорочення часу на проведення робіт та аналіз результатів. Це дозволить підвищити оперативність при прийнятті управлінських рішень з покращення екологічної безпеки питного водопостачання.

По-друге, обґрунтування виділення перспективних ділянок для розміщення нових водозаборів із водами високої питної якості з можливістю їх подальшого транспортування до споживачів. Питання створення резерву вод БКВК високої питної якості у межах території досліджень обговорювалось лише в деяких роботах [118]. Але в умовах постійного погіршення їх якості має значну актуальність та потребує вирішення.

У попередніх розділах встановлено, що превалюючим фактором формування складу підземних вод БКВК на сучасному етапі є природні явища, активізовані техногенною складовою (розширення мережі водозаборів та інтенсифікація водовідбору на них) та глибинними гідрогеоміграційними процесами (всхідна міграція некондиційних вод крізь тектонічні порушення, пов'язані з соляними діапірами). На це вказує трансформація якості вод протягом періоду активного впливу на ГС регіону (1960-2020 рр.) у бік

збільшення вмісту компонентів глибинного генезису (Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , B^{3+} , J^-). Але, також, у водах епізодично зустрічаються підвищені значення забруднюючих речовин поверхневого походження (NO_2^- , NH_4^+ та деякі ін.).

Тому було необхідним розробити відповідні рекомендаційні заходи для контролю за зміною якості підземних вод, які: - включають дані особливості та причини змін складу вод; - є ефективними, оперативними та економічно доцільними при прийнятті відповідних управлінських рішень.

Рекомендації надані як для діючих мереж водозаборів, так і для нових. Для діючих найбільш доцільним було удосконалення системи гідрогеохімічного моніторингу. Для нових – обґрунтування виділення перспективних ділянок під закладання нових водозаборів для вирішення проблеми нестачі питних підземних вод прийнятної якості в межах території робіт [54, 59, 146, 147, 164].

У роботі проведена апробація розроблених рекомендацій на прикладі мережі водозаборів Полтавської міської агломерації, яка є стратегічно важливою у межах даного регіону. Значна кількість рівномірно розташованих діючих водозаборів та добра еколого-гідрогеологічна вивченість даної території свідчать про можливість організації цих робіт без додаткових економічних витрат.

5.1. Рекомендації при гідрогеохімічному моніторингу на діючих водозаборах, які облаштовані на БКВК

Автором встановлені 2 типи необхідних моніторингових робіт – загальний та спеціальний.

1) *Загальний моніторинг.* Роботи проводяться у межах впливу досліджуваної мережі водозаборів на ГС. Границі впливу, у залежності від наявних фактичних даних, можливо визначати за 3 варіантами.

По-перше, за гідрогеофільтраційним рівнем впливу водозаборів на ГС. В зв'язку з тим, що екологічні зміни відбуваються при стійкому порушенні динамічної рівноваги ГС, до екологічно вагомих границь зміни гідрогеофільтраційних умов можна віднести зону розвитку депресії зі

зниженнями, що перевищують природні середньобагаторічні коливання рівня підземних вод [9]. Тобто, границями можуть виступати межі локальної депресійної лійки, поява якої спричинена роботою досліджуваних водозаборів.

По-друге, за гідрогеохімічним рівнем впливу на ГС. У цьому випадку границями можуть виступати межі зони розвитку підземних вод зі зміненим (у порівнянні із геологічними фоновими значеннями) складом [9].

У третьому випадку, за відсутності інших даних, можливе використання території розрахованого для досліджуваного водозабору III-ого поясу зони санітарної охорони (ЗСО). Границі даного поясу визначаються згідно гідродинамічних розрахунків [88]. Вихідними є умови, що, якщо за межами території поясу у водоносний комплекс потраплять мікробні (нестабільні) та/або хімічні (стабільні) забруднювачі, то вони не досягнуть водозабору або досягнуть не раніше розрахункового часу (не менше 25 років) [88].

Розроблені автором рекомендації для загальних гідрогеохімічних моніторингових робіт базуються на наступному:

- були визначені характерні показники якісного складу підземних вод, по яким встановлені підвищені значення у водах цільового комплексу. Це значно скорочує час та зменшує вартість робіт у порівнянні з повним комплексом гідрогеохімічних досліджень;

- запропоновані критерії оцінки рівнів забруднення підземних вод у вигляді характерних інтервалів значень для даних показників, які вказують на ступінь забрудненості вод. Це дозволяє підвищити оперативність при прийнятті управлінських рішень з покращення екологічної безпеки питного водопостачання.

Відомо, що однією із головних характеристик техногенної геохімічної аномалії є її інтенсивність, яка визначається ступенем накопичення хімічного елементу у порівнянні з природним (геологічним) фоном [9, 102, 130]. Тому запропоновані критерії оцінки рівнів забруднення базуються на використанні визначеного здобувачем для вод території робіт середнього геологічного фонового вмісту елементів. Середній геологічний фоновий вміст (геофон)

елементів – вміст хімічних елементів у складі підземних вод, який визначався із релевантних значень у межах територій, які віддаленні від осередків забруднення та з мінімальним техногенним впливом. У разі відсутності цих даних, використовувалася гранично допустима концентрація (ГДК) елемента згідно діючих нормативів [16].

Були розроблені критерії для 3 рівнів забруднення вод (таблиця 5.1). Не забруднені води: вміст досліджуваного компонента – якщо є дані середнього геофоновому вмісту – до 1 геофону включно, якщо ці дані відсутні – до 1 ГДК включно. Помірно забруднені води: відповідно від 1 до 1,5-2 геофонів або від 1 до 3 ГДК. Забруднені води: 1,5-2 геофони та більше або 3 ГДК та більше відповідно.

Таблиця 5.1

Запропоновані характерні показники якісного складу та критерії рівнів забруднення підземних вод при загальних моніторингових роботах
(складено автором)

Назва показнику, одиниці вимірювання	Рівень забруднення підземних вод			
	Не забруднені		Помірно забруднені (час прийняття управлінських рішень)	Забруднені
	У межах середнього геофоновому вмісту	У межах діючих нормативів [16]		
Фізико-хімічні показники				
Мінералізація, мг/дм ³	≤ 1150	≤ 1000	1150-2300	≥ 2300
pH, од.	6,6-7,6	6,5-8,5	6,0-8,5	≤ 6,0; ≥ 8,5
Cl ⁻ , мг/дм ³	≤ 275	≤ 250	275-550	≥ 550
Fe _{заг.} , мг/дм ³	≤ 0,25	≤ 0,2	0,25-0,5	≥ 0,5
Санітарно-токсикологічні показники				
Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	≤ 300	≤ 200	300-600	≥ 600
F ⁻ , мг/дм ³	≤ 2,0	≤ 1,5	2,0-4,0	≥ 4,0
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	≤ 0,3	≤ 0,5	0,3-0,6	≥ 0,6
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	≤ 0,1	≤ 0,1	0,1-0,2	≥ 0,2
Si, мг/дм ³	немає даних	≤ 10	10-30	≥ 30
Фізико-хімічні+санітарно-токсикологічні показники				
Br ⁻ +B ³⁺ +J ⁻ (сумарно), мг/дм ³	≤ 0,5	≤ 0,55	0,5-1,0	≥ 1,0

Також у межах всієї встановленої території впливу досліджуваної мережі водозаборів на ГС необхідно проводити гідрогеологічні спостереження

(контроль водовідбору та рівневого режиму). Найбільш актуальною є інформація по крайовим ділянкам. Вона дозволяє оперативно відслідковувати зміни границь даної зони.

2) *Спеціальний моніторинг.* Моніторингові дослідження необхідно проводити у межах зон з найбільшою деградацією хімічного складу підземних вод. Як було встановлено у попередніх розділах, у результаті активного впливу неотектонічних процесів, для регіону робіт характерні процеси розвантаження глибинних високомінералізованих підземних вод у питні води зони активного водообміну. Зонами міграції виступають численні розривні порушення у межах тектонічних структур. Під дією глибинного фактору та викликаних ним геохімічних змін в природній системі «розчин-порода» відбувається поступова трансформація хімічного складу вод комплексу на хлоридно-натрієвий тип, збільшується мінералізація та вміст солей. Також збільшується вміст у водах деяких макро- і мікрокомпонентів до нехарактерних для геологічного фону регіону значень.

Границями спеціальних моніторингових досліджень запропоновані території, у межах яких можливий максимальний вплив природних процесів, описаних вище, на якість підземних вод. Здобувачем встановлено, що це ділянки перетину зон впливу потужних водозаборів із територіями у радіусі 5 км навколо встановлених тектонічних порушень. Детальніше про це – у розділі 3.2.

Під час дослідження гідрогеохімічних режимів потужних водозаборів регіону, автором визначені критичні значення характерних елементів-індикаторів, які вказують на вищенаведені зміни складу вод. Шляхом аналізу показників експлуатації потужних водозаборів регіону, визначені 3 характерні інтервали вмісту цих елементів. Це покладено у запропоновану оцінку рівнів забруднення цих вод при спеціальних моніторингових роботах (таблиця 5.2).

Також при спеціальних дослідженнях є важливою гідрогеологічна частина моніторингу (спостереження за водовідбором, рівневим режимом) для контролю можливого впливу техногенної складової на зміни складу вод.

Результатом цих робіт є отримання закономірностей, які б дозволяли оптимізувати режими експлуатації досліджуваних водозаборів.

Таблиця 5.2

Запропоновані характерні показники якісного складу та критерії рівнів забруднення підземних вод при спеціальних моніторингових роботах (складено автором)

Назва показнику, одиниці вимірювання	Рівень забруднення підземних вод		
	Не забруднені	Помірно забруднені (час прийняття управлінських рішень)	Забруднені
Мінералізація, мг/дм ³	≤ 1400	1400-1600	≥ 1600
Cl ⁻ , мг/дм ³ / % екв.	≤ 350 / 30	350-450 / 30-35	≥ 450 / 35
F ⁻ , мг/дм ³	≤ 3,5	3,5-4,0	≥ 4,0
Br ⁻ +B ³⁺ +J ⁻ (сумарно), мг/дм ³	≤ 1,0	1,0-1,5	≥ 1,5
Fe _{заг.} , мг/дм ³	≤ 0,5	0,5-1,0	≥ 1,0

5.2. Обґрунтування виділення перспективних ділянок для розміщення нових водозаборів

Для вирішення проблеми нестачі питних підземних вод прийнятною якістю в межах території робіт обґрунтовано виділення перспективних ділянок для розміщення нових водозаборів різної потужності з можливістю подальшого транспортування високоякісних питних вод до споживачів.

Методичний підхід до виділення ділянок базується на розроблених здобувачем комплексних системах районування території за ступенем ризику зниження якості підземних вод (див. розділ 4).

Перспективність ділянок розглядається згідно 3 параметрів.

1) Показник захищеності підземних вод від техногенного (поверхневого) забруднення, яке надходить у процесі низхідної вертикальної фільтрації та міграції із поверхні землі через вищезалігаючі водоносні комплекси. Був розрахований як сума 5 параметрів, які помножені на відповідні їм рейтингові (вагові) коефіцієнти:

- показник літології верхньої (приповерхневої) частини розрізу (ваговий коефіцієнт 1,5);

- показник власної геологічної захищеності першого міжпластового водоносного комплексу (ваговий коефіцієнт 5);
- показник проникності відкладів першого міжпластового водоносного комплексу (ваговий коефіцієнт 1,5);
- показник проникності роздільного шару (ваговий коефіцієнт 10);
- показник швидкості вертикального перетікання крізь роздільний шар (ваговий коефіцієнт 10).

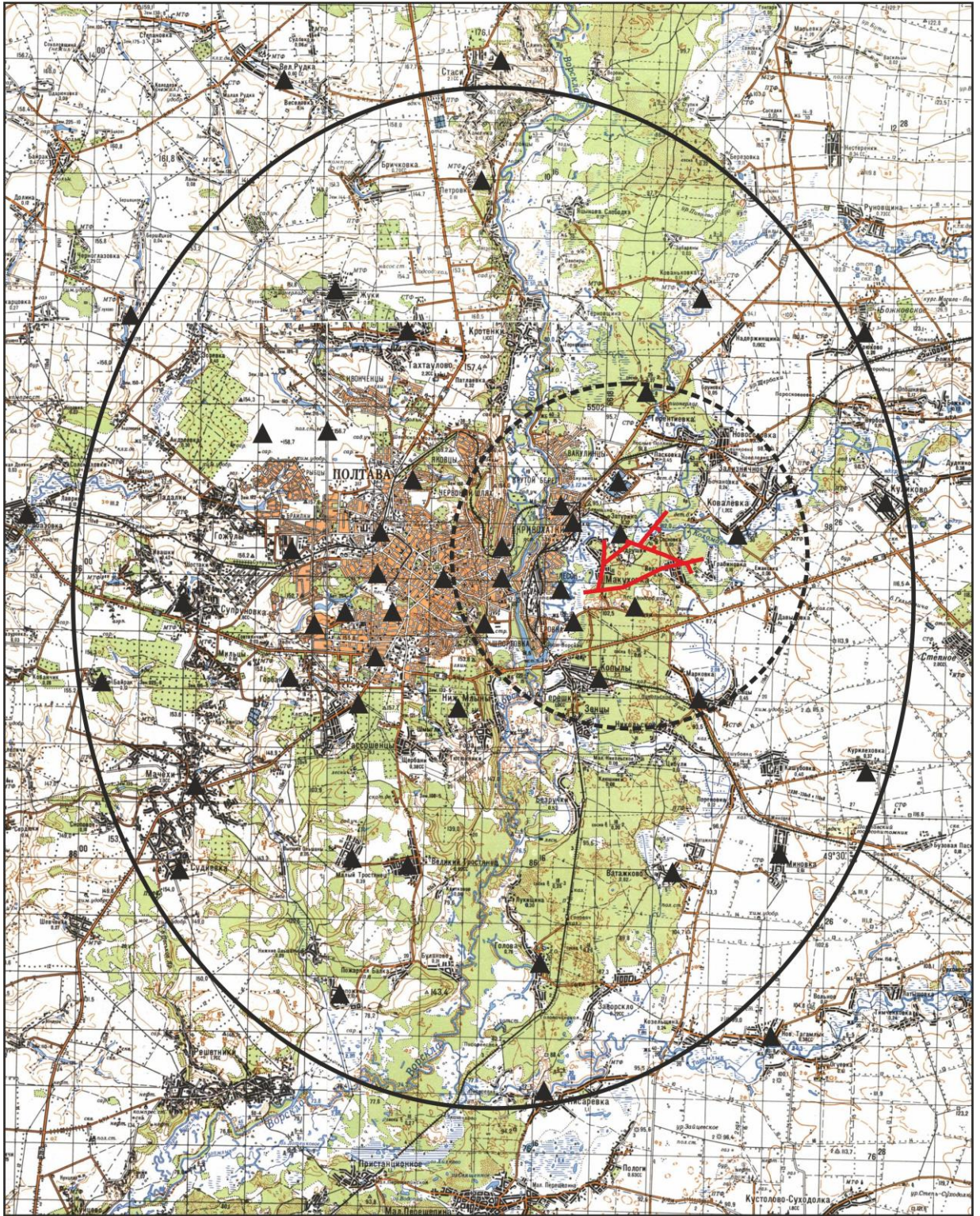
2) Показник захищеності підземних вод від можливої трансформації складу у результаті активного загального впливу техногенезу та неотектонічних процесів. Залежить від 2 значень: відстань до найближчих встановлених тектонічних порушень; сумарні амплітуди неоген-четвертинних рухів земної кори як параметр, що здійснює вплив на активність гідрогеоміграційних процесів у межах цих порушень.

3) Додатковим параметром є товщина водомістких порід цільового комплексу. Даний показник корелюється із величиною водозбагаченості водоносного комплексу. Завдяки його використанню з'являється можливість проектувати водозабори із різною потужністю.

5.3. Апробація заходів на прикладі мережі водозаборів м. Полтава

Загальний моніторинг мережі водозаборів м. Полтава. За межі робіт запропонована територія розповсюдження сучасної локальної депресійної лійки БКВК, поява якої спричинена роботою досліджуваних водозаборів (рис. 5.1). Межі території на фоні активного техногенезу району постійно змінюються, тому роль гідрогеологічних даних крайових водозаборів зростає. Також є важливим контролювати глибину депресійної лійки у межах міста.

Аналіз хімічного складу підземних вод цільового комплексу показує, що склад вод на водозаборах м. Полтава є досить строкатим у залежності від локальних еколого-гідрогеологічних умов (таблиця 5.3). Спостерігаються як не забруднені та помірно забруднені води, так і навіть забруднені (по вмісту $Fe_{заг.}$, F^- , $Br^-+B^{3+}+J^-$ та по періодичному підвищенню вмісту NH_4^+ і NO_2^-).



Умовні позначення:

- Територія, у межах якої запропоновані загальні еколого-гідрогеологічні моніторингові дослідження
- ⊖ Територія, у межах якої запропоновані спеціальні еколого-гідрогеологічні моніторингові дослідження

- ⊥ Тектонічні порушення, пов'язані із Полтавським соляним діаліром
- ▲ Водозабори, на яких експлуатують бучацько-канівський водоносний комплекс

Рис. 5.1. Карта-схема територій запропонованих загальних та спеціальних гідрогеохімічних моніторингових досліджень для водозаборів м. Полтава (побудовано автором)

Сучасний рівень забруднення підземних вод на водозаборах м. Полтава
(складено автором)

Назва показнику, одиниці вимірювання	Стан підземних вод на водозаборах м. Полтава, рівень забруднення (вміст компоненту)	
	Водозабори у східній частині території (вплив Полтавського соляного діяпіру)	Інші водозабори
Фізико-хімічні показники		
Мінералізація, мг/дм ³	Помірно забруднені (1390)	Не забруднені (667-1050)
Водневий показник, рН	Помірно забруднені (8,3-9,2)	Помірно забруднені+ Не забруднені (6,3-8,9)
СГ, мг/дм ³	Помірно забруднені (близько 520)	Помірно забруднені+ Не забруднені (188-316)
Fe _{заг.} , мг/дм ³	Забруднені (близько 1,2)	Забруднені+ Помірно забруднені+ Не забруднені (0,1-2,2)
Санітарно-токсикологічні показники		
Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	Помірно забруднені (368-449)	Помірно забруднені (295-371)
F ⁻ , мг/дм ³	Забруднені (близько 6,5)	Забруднені+ Помірно забруднені (3,1-3,6)
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	Забруднені+Помірно забруднені+Не забруднені (0,0-0,8)	
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	Забруднені+Помірно забруднені+Не забруднені (0,0-1,0)	
Si, мг/дм ³	Помірно забруднені (12,8-15,4)	
Фізико-хімічні+санітарно-токсикологічні показники		
Vг+В ³⁺ +J ⁻ (сумарно), мг/дм ³	Забруднені (близько 1,2)	Забруднені+ Помірно забруднені (0,66-1,12)

Спеціальний моніторинг мережі водозаборів м. Полтава. Територією робіт є ділянка у радіусі 5 км навколо встановлених тектонічних порушень, пов'язаних із Полтавським соляним діяпіром (рис. 5.1).

Проведені комплексні дослідження гідрогеологічної та гідрогеохімічної складових моніторингу та побудовані відповідні графіки (рис. 5.2-5.5). У зв'язку із відсутністю детальних систематичних даних по водовідбору та рівневому режиму БКВК за період 1960-1980 рр., також використовувалися

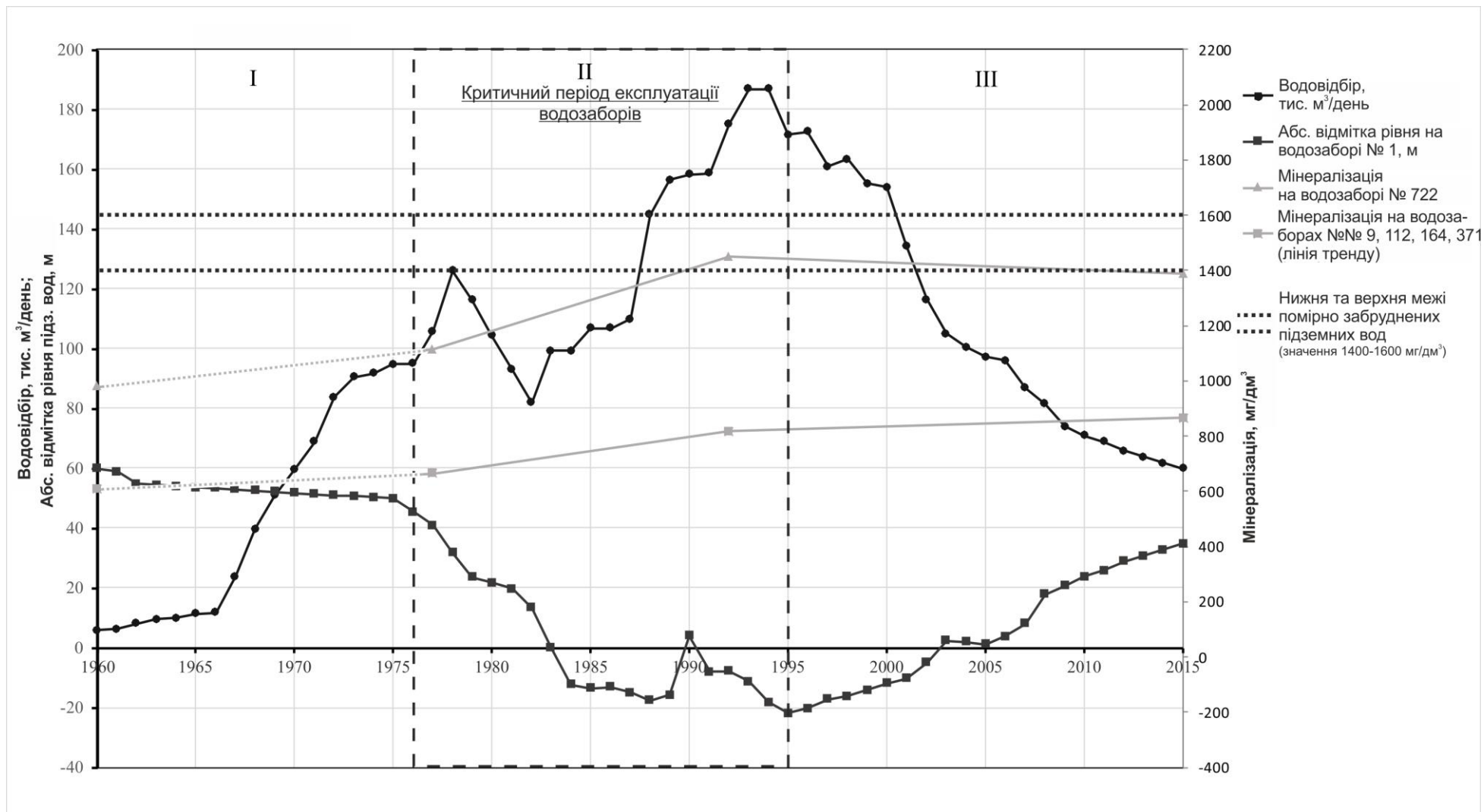


Рис. 5.2. Результати моніторингових досліджень за водовідбором, рівневим режимом та значеннями мінералізації на водозаборах м. Полтава (побудовано автором)

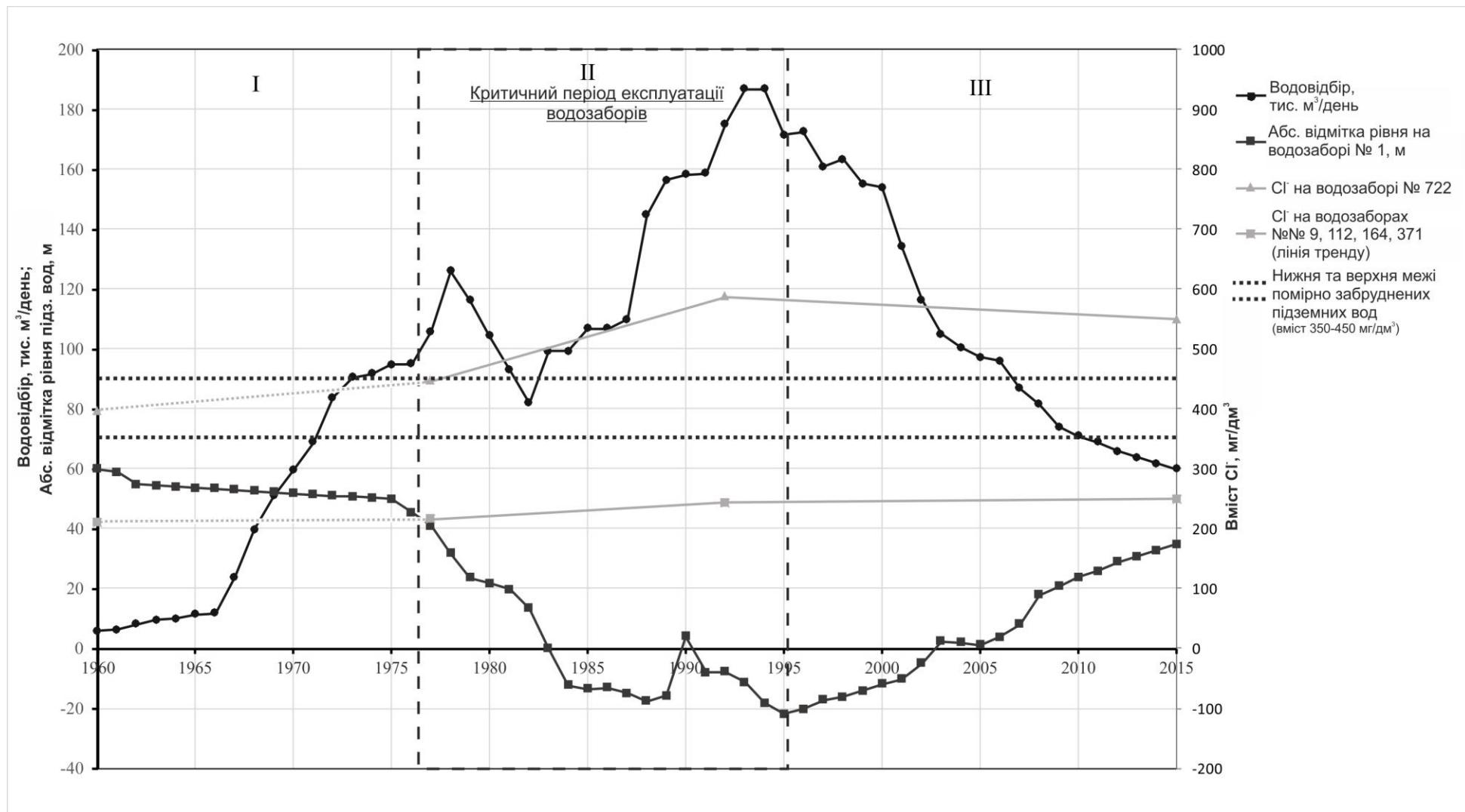


Рис. 5.3. Результати моніторингових досліджень за водовідбором, рівневим режимом та вмістом Cl⁻ на водозаборах м. Полтава (побудовано автором)

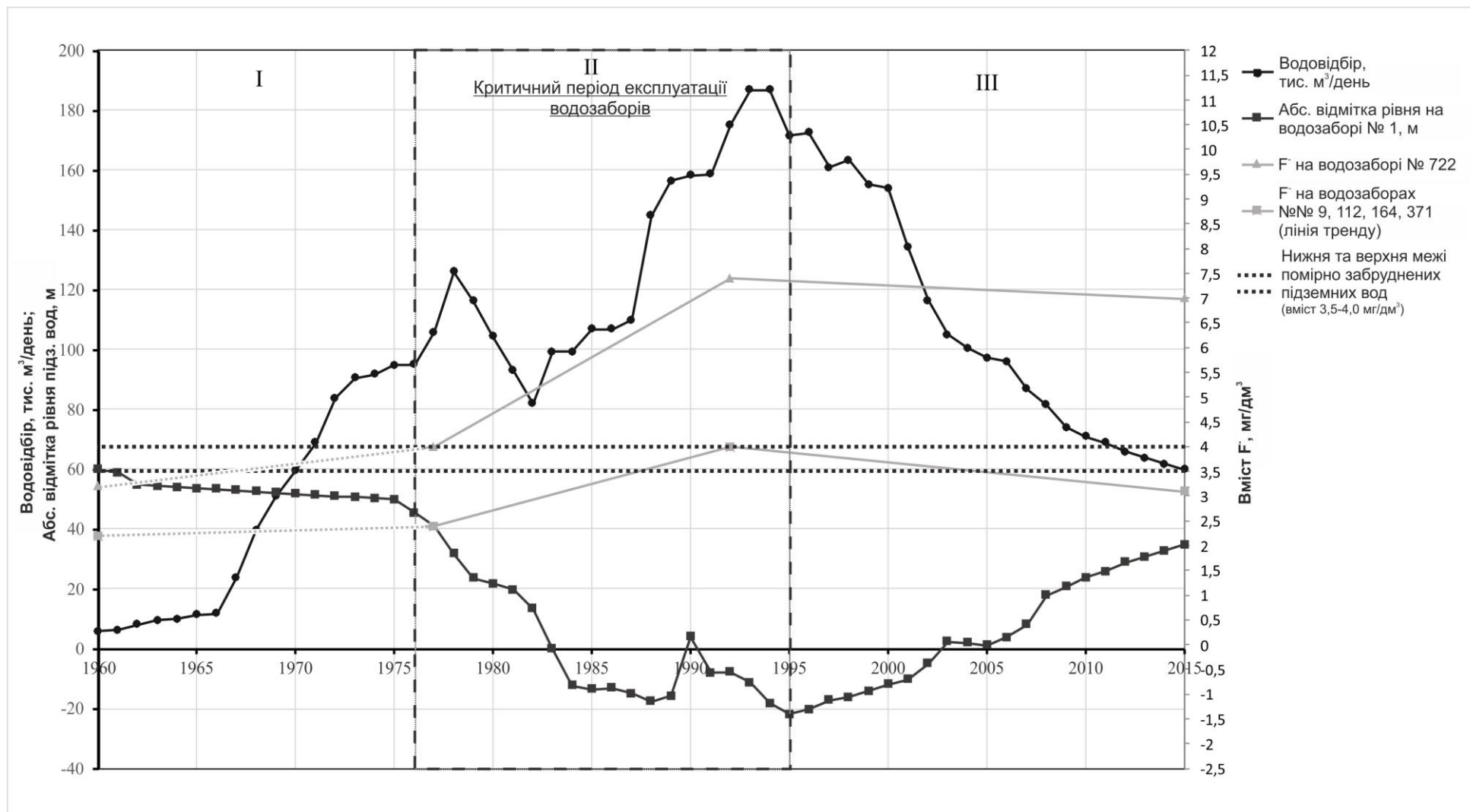


Рис. 5.4. Результати моніторингових досліджень за водовідбором, рівневим режимом та вмістом F^- на водозаборах м. Полтава (побудовано автором)

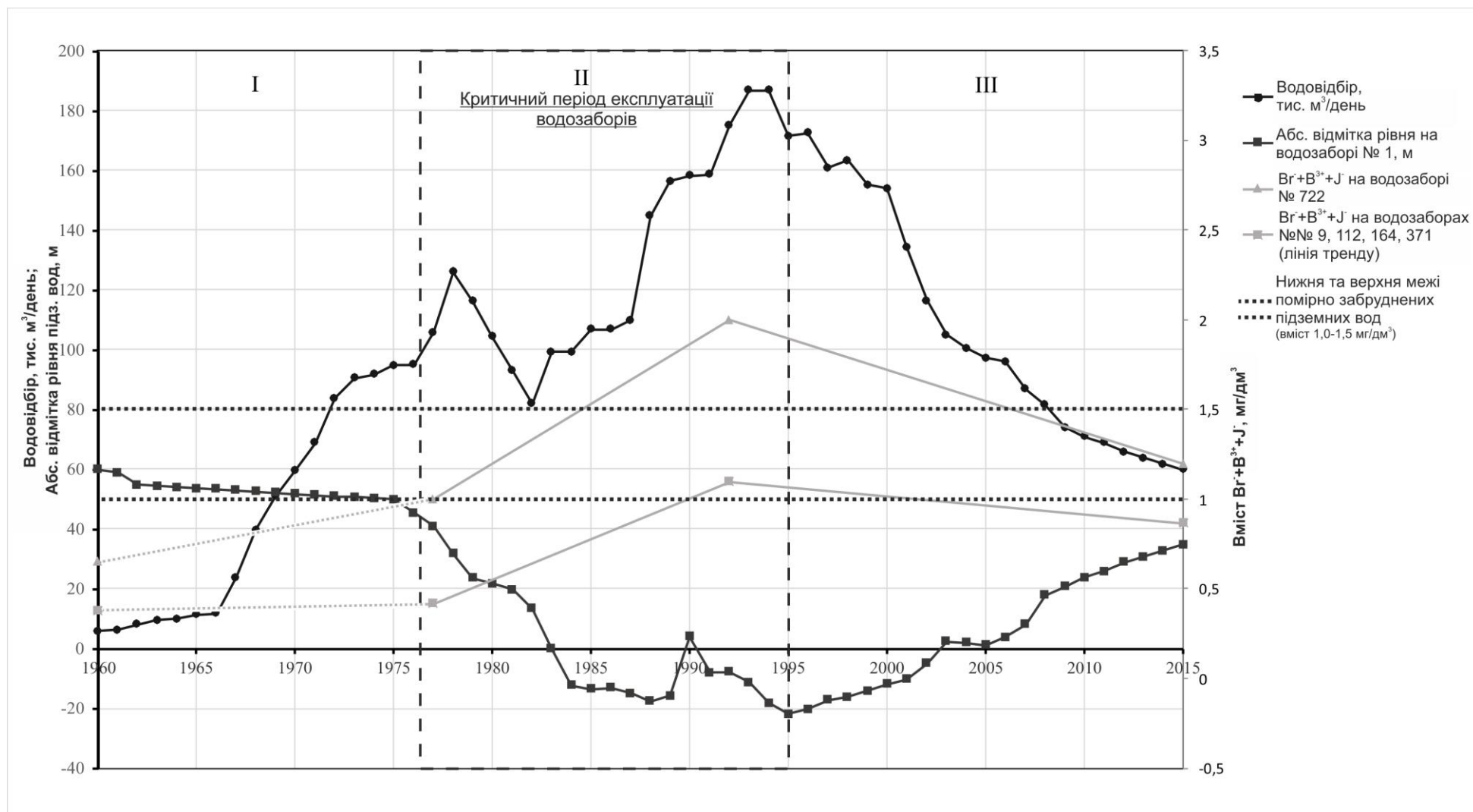


Рис. 5.5. Результати моніторингових досліджень за водовідбором, рівневим режимом та вмістом Br^- , V^{3+} , J^- на водозаборах м. Полтава (побудовано автором)

аналогічні дані по сусідньому, сеноман-нижньокрейдовому, так як вони мають тісний гідравлічний зв'язок у районі робіт.

Наведені дані водовідбору – загальні, по всім сеноман-нижньокрейдовим та бучацько-канівським водозаборами міста, на яких проводяться систематичні спостереження; дані рівневого режиму – по водозабору № 1 Полтавського ВУЖКГ. Гідрогеохімічні спостереження проводилися на 15 водозаборах підприємств міста, на яких експлуатують БКВК (рис. 3.18, таблиця 3.14).

Згідно отриманих даних, було виділено 3 періоди експлуатації водозаборів м. Полтава.

I період – до 1975 р. Характеризується поступовими незначними змінами режиму експлуатації цільових водоносних комплексів: збільшення водовідбору, зниження рівнів (на 14 % відносно початкових значень), незначна трансформація якісного складу вод у бік збільшення вмісту досліджуваних компонентів (на 9-19 %). З 1967 р. почався суттєво збільшуватися водовідбір на водозаборах. Незважаючи на це, аж до 1976 р. суттєві зміни рівневих та гідрогеохімічних показників експлуатації не спостерігалися.

II період (критичний період експлуатації водозаборів) – 1976-1995 рр. Цей період характерний стрімкими змінами режиму експлуатації водоносних комплексів. Стрибокподібне дуже значне збільшення водовідбору (із 95 до 187 тис. м³/добу) на протязі близько 20 років спричинило утворення глибоких депресійних лійок БКВК із максимальними глибинами близько 40 м. При цьому, зниження рівня у цей період склало 86 % відносно початкових значень. Як результат – протягом цього періоду хімічний склад вод зазнав найбільшої трансформації. Збільшення значень досліджуваних компонентів склало від 81 % до 90 % від початкових.

III період – з 1996 р. Цей період характеризується поступовим значним зменшенням водовідбору, який наразі складає близько 60 тис. м³/добу. Також, майже синхронно відновлювалися рівні у цільовому водоносному комплексі (наразі – 69,5 % від початкового). При цьому, також змінився тренд у змінах якості вод. Вміст компонентів зменшився від 10 % до 50 %.

В результаті співставлення даних загального водовідбору та досліджуваних гідрогеохімічних показників отримані залежності, які дозволили обґрунтувати оптимальний загальний водовідбір на Полтавських водозаборах:

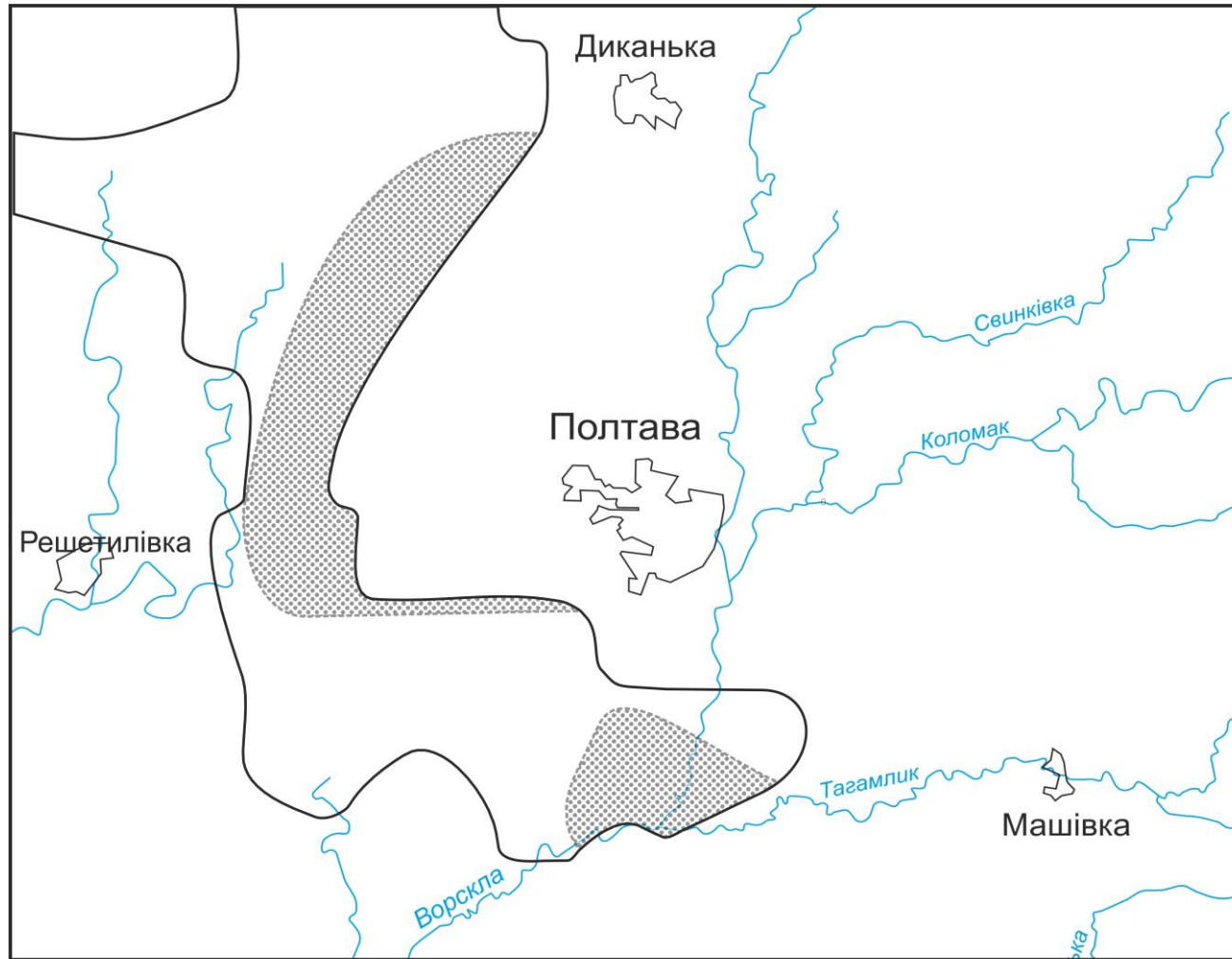
- для стабілізації вмісту характерних гідрогеохімічних показників у складі вод БКВК у межах східної частини міста, де спостерігається найбільш інтенсивне забруднення цих вод, у межах наступних значень: мінералізація до 1150 мг/дм³ (до 1 геофону), $\text{Br}^- + \text{B}^{3+} + \text{J}^-$ (сумарно) до 0,5 мг/дм³ (до 1 геофону), Cl^- до 400 мг/дм³ (до 1,5 геофону), F^- до 3,0 мг/дм³ (до 1,5 геофону) – загальний водовідбір по місту повинен складати до 16 тис. м³/добу;

- для стабілізації вмісту характерних гідрогеохімічних показників у складі вод БКВК лише у межах інших частин міста, де спостерігається менш інтенсивне забруднення цих вод, у межах наступних значень: мінералізація до 1150 мг/дм³ (до 1 геофону), $\text{Br}^- + \text{B}^{3+} + \text{J}^-$ (сумарно) до 0,75 мг/дм³ (до 1,5 геофону), Cl^- до 275 мг/дм³ (до 1 геофону), F^- до 3,0 мг/дм³ (до 1,5 геофону) – загальний водовідбір по місту повинен складати до 40 тис. м³/добу.

У результаті проведених ГІС-розрахунків, були визначені перспективні ділянки для закладання нових водозаборів у радіусі 40 км навколо м. Полтава (рис. 5.6). Ці території діляться на 2 категорії:

- перспективні для розміщення нових водозаборів невеликої та середньої потужності (площа біля 470 км²). Зосереджені у південній, західній та північно-західній частинах території. Характеризуються високою захищеністю підземних вод від можливого поверхневого забруднення. Також дані площі є сприятливими з огляду на неотектонічні умови – відстань до площ із встановленими тектонічними порушеннями та зі значними амплітудами неоген-четвертинних рухів земної кори (150 м та більше) складає більше 5 км;

- перспективні для розміщення нових водозаборів великої потужності (близько 280 км²). Знаходяться на південь і північний захід від міста. Окрім еколого-гідрогеологічних переваг попередніх ділянок, тут залягають водомісткі піски бучацько-канівського комплексу із найбільшою потужністю – більше 30 м. Потенційні ресурси підземних вод на одиницю площі тут максимальні.



- Умовні позначення:
- Ділянки, перспективні для розміщення нових водозаборів невеликої та середньої потужності
 - Ділянки, перспективні для розміщення нових водозаборів великої потужності

Рис. 5.6. Карта-схема перспективних ділянок для закладання нових водозаборів у радіусі 40 км навколо м. Полтава (побудовано автором)

За методикою площинної диференціації модулю підземного стоку згідно робіт [38, 118, 119], здобувачем розраховані прогнозні ресурси питних підземних вод БКВК у межах перспективних ділянок за формулами:

$$1) M_{\text{п}} = M_0 F_0 / [F_{\text{д}} + (F_0 - F_{\text{д}})(C_{\text{д}}/C_{\text{т}})], \quad (5.1)$$

$$M_{\text{п}} = 0,74 * 4167 / [750 + (4167 - 750)(850/1000)] = 0,84 \text{ дм}^3/\text{с} * \text{км}^2,$$

де $M_{\text{п}}$ – модуль підземного стоку для досліджуваних ділянок, $\text{дм}^3/\text{с} * \text{км}^2$;

M_0 – середня величина модулю підземного стоку для цільового водоносного комплексу регіону робіт (0,74 – згідно [11]), $\text{дм}^3/\text{с} * \text{км}^2$;

F_0 – загальна площа території у радіусі 40 км навколо м. Полтава, км^2 ;

$F_{\text{д}}$ – площа досліджуваних ділянок, км^2 ;

$C_{\text{д}}$ – показник мінералізації цільових підземних вод у межах досліджуваних ділянок, $\text{мг}/\text{дм}^3$;

$C_{\text{т}}$ – показник мінералізації цільових підземних вод у межах іншої частини території у радіусі 40 км навколо м. Полтава, $\text{мг}/\text{дм}^3$;

$$2) Q_{\text{прд}} = M_{\text{п}} * F_{\text{д}}, \quad (5.2)$$

$$Q_{\text{прд}} = 0,84 * 750 = 630 \text{ дм}^3/\text{с}.$$

Отримані перспективні ресурси ($Q_{\text{прд}}$) склали $630 \text{ дм}^3/\text{с}$ або $54,5$ тис. $\text{м}^3/\text{добу}$, що приблизно дорівнюють сучасному загальному водовідбору питних підземних вод на усіх водозаборах м. Полтава (60 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$). Тобто, завдяки залученню даних ресурсів є можливість поступового заміщення високоякісними підземними водами поточного водозабезпечення міської агломерації.

Висновки до розділу 5

1. Результати даного розділу дисертаційної роботи розкривають практичну сторону проведених досліджень – розроблено рекомендаційні заходи для покращення екологічної безпеки питного водопостачання на водозаборах центральної частини ДДАБ. Науково обґрунтовано 2 складові вирішення даної проблеми: - заходи для гідрогеохімічного моніторингу вод на діючих

водозаборах; - наукові рішення для розміщення нових водозаборів із водами високої питної якості.

2. Запропоновано характерні показники якісного складу підземних вод на водозаборах, що експлуатують БКВК, для систематичного гідрогеохімічного моніторингу в умовах фільтрації забруднюючих речовин з поверхні та міграції некондиційних вод знизу в зонах впливу тектонічних порушень, пов'язаних із соляними діапірами. Рекомендовано контролювати їх вміст на базі загальних (контроль всього комплексу фактичних елементів-забруднювачів у зонах впливу водозаборів) та спеціальних (контроль загальної мінералізації, Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , V^{3+} , J^- на ділянках перетину зон впливу потужних водозаборів із територіями у радіусі 5 км навколо тектонічних порушень) моніторингових робіт.

3. На базі аналізу літологічних, гідрогеологічних і неотектонічних умов обґрунтовано методичний підхід до виділення перспективних ділянок у межах території досліджень для розміщення нових водозаборів на БКВК з найбільш якісними водами питної якості, розрахованих як на використання на місці, так і на транспортування до віддалених споживачів.

4. Весь комплекс розроблених заходів апробовано на мережі водозаборів Полтавської міської агломерації, яка є стратегічно важливою у межах даного регіону. Аналіз хімічного складу підземних вод цільового комплексу у межах даної території показав, що склад вод на водозаборах міста є досить строкатим у залежності від локальних еколого-гідрогеологічних умов. Спостерігаються як не забруднені та помірно забруднені води, так і навіть забруднені (по вмісту $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, F^- , $\text{Br}^- + \text{V}^{3+} + \text{J}^-$ та по періодичному підвищенню вмісту NH_4^+ і NO_2^-).

5. В результаті співставлення даних загального водовідбору та досліджуваних гідрогеохімічних показників отримані залежності, які дозволили обґрунтувати оптимальний загальний водовідбір на Полтавських водозаборах:

- для стабілізації вмісту характерних показників у складі вод БКВК у межах східної частини міста (до 16 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$);

- для стабілізації вмісту характерних показників у складі вод БКВК лише у межах інших частин міста (до 40 тис. м³/добу).

6. Визначено перспективні ділянки для закладання нових водозаборів у радіусі 40 км навколо м. Полтава (загальна площа – 750 км²). Залучення розрахованих прогностичних ресурсів питних підземних вод (54,5 тис. м³/добу) дозволить забезпечити високоякісною питною водою населення даної міської агломерації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну проблему підвищення екологічної безпеки питного водопостачання населених пунктів у межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну за рахунок встановлення чинників еколого-гідрогеологічної трансформації якісного складу підземних вод БКВК за 60-ти річний період експлуатації водозаборів (1960-2020 рр.).

Встановлено, що на досліджених водозаборах чинниками погіршення якості підземних вод є як підвищення вмісту хімічних елементів глибинного (переважно), так і поверхневого (епізодично) генезису. Визначено, що превалюючим чинником формування хімічного складу підземних вод БКВК на сучасному етапі є природні явища, активізовані техногенною складовою (розширення мережі водозаборів та інтенсифікація водовідбору на них) та глибинними гідрогеоміграційними процесами (висхідна міграція некондиційних вод крізь тектонічні порушення, пов'язані з соляними діапірами; висхідна та низхідна дифузія мінералізованих порових розчинів водотривів до вод БКВК).

За результатами дисертаційних досліджень одержано такі наукові та практичні результати:

1. За результатами кореляційного аналізу виявлено прямий позитивний зв'язок (коефіцієнти кореляції Пірсона $r = 0,7-0,9$) між вмістом характерних показників у складі вод БКВК (Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , B^{3+} , J , загальна мінералізація) та величиною загального водовідбору в зоні впливу тектонічних порушень, пов'язаних із Полтавським соляним діапіром.

Отримано залежності, які дозволили обґрунтувати оптимальний загальний водовідбір на Полтавських водозаборах: - для стабілізації вмісту характерних показників у складі вод БКВК у межах східної частини міста, де спостерігається найбільш інтенсивне забруднення цих вод (до 16 тис. м³/добу);

- для стабілізації вмісту характерних гідрогеохімічних показників у складі вод БКВК лише у межах інших частин міста, де спостерігається менш інтенсивне забруднення цих вод (до 40 тис. м³/добу).

2. Отримало подальший розвиток вивчення природного механізму збагачення питних підземних вод БКВК F⁻-ом, який відноситься до елементів II класу небезпеки. Розв'язано стратегічно важливу екологічну проблему регіону – доведено ключову роль техногенної складової (інтенсифікація водовідбору, розширення мережі водозаборів) у наявній тенденції до збільшення вмісту елементу у процесі експлуатації водозаборів регіону. Визначено геофоновий вміст F⁻ (близько 2 мг/дм³) на початок періоду активного техногенезу. Простежено зростання вмісту F⁻ у процесі активної експлуатації потужних водозаборів регіону; виділено території із критично загрозливим для здоров'я населення вмістом показнику (від 4 до 8 мг/дм³). Дослідженнями доведено можливість стабілізувати вміст F⁻ в водах комплексу для зменшення захворюваності населення території робіт.

3. Удосконалено наявну методичну базу із оцінки захищеності (вразливості) питних підземних вод на основі раціонального комплексування різнопланових показників, що характеризують сучасні природні та техногенні умови території досліджень, та вибору найбільш репрезентативних із них. Використання даного підходу дало можливість визначити зони підвищеної екологічної небезпеки зниження якості питних підземних вод БКВК елементами поверхневого та глибинного генезису.

Розроблено комплексні системи районування території за небезпекою трансформації якісного складу вод за допомогою бальної оцінки захищеності цих вод від двох груп забруднювачів. Розроблено методичний підхід до виділення перспективних ділянок для закладання нових водозаборів на БКВК у межах центральної частини ДДАБ. На прикладі ділянки апробації (територія у радіусі 40 км навколо м. Полтава) оцінено прогностні ресурси підземних вод з відносно високими показниками питної якості у кількості 54,5 тис. м³/добу, що підвищує екологічну безпеку населення цього регіону.

4. Науково обґрунтовано характерні показники якісного складу підземних вод на водозаборах, що експлуатують БКВК, для систематичного гідрогеохімічного моніторингу, які необхідно контролювати на базі загальних (контроль всього комплексу фактичних елементів-забруднювачів у зонах впливу водозаборів) та спеціальних (контроль загальної мінералізації, Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , V^{3+} , J^- на ділянках перетину зон впливу потужних водозаборів із територіями у радіусі 5 км навколо тектонічних порушень) моніторингових робіт.

Запропоновано критерії оцінки рівнів забруднення питних підземних вод на водозаборах Східної України, що експлуатують БКВК, для ефективного контролю за їх вмістом при систематичному гідрогеохімічному моніторингу в умовах обмеженого фінансування, та збільшення оперативності при прийнятті управлінських рішень з покращення екологічної безпеки питного водопостачання населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Ленинград, 1970. 444 с.
2. Бабинец А. Е. Подземные воды юго-запада Русской платформы (распространение и условия формирования). Изд-во АН УССР, 1961. 378 с.
3. Барыбина З., Варава К. Объяснительная записка к гидрогеологической карте СССР масштаба 1:200 000. Серия Днепровско-Донецкая, лист М-36-XXIV. Киев, 1976. 63 с.
4. Биндеман Н., Язвин Л. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. Москва : Недра, 1970. 217 с.
5. Боровский Б., Самсонов В., Язвин Л. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. Москва : Недра, 1971. 305 с.
6. Бочевер Ф. М., Орадовская А. Е. Гидрогеологическое обоснование защиты подземных вод и водозаборов от загрязнения. Москва : Недра, 1972. 129 с.
7. Бочевер Ф. М., Лапшин Н. Н., Орадовская А. Е. Защита подземных вод от загрязнения. Москва : Недра, 1979. 254 с.
8. Варава К. Н., Вовк И. Ф., Негода Г. Н. Формирование подземных вод Днепровско-Донецкого бассейна / под общ. ред. В. И. Лялько. Киев : Наукова думка, 1977. 160 с.
9. Временное методическое руководство по проведению комплексных эколого-геологических исследований (на территории Украины) / под ред. Е. А. Яковлева и др. Киев : ГГП «Геопрогноз», 1994. 331 с.
10. Вступ до медичної геології / за ред. Г. І. Рудька, О. М. Адаменка. Київ : «Академпрес», 2010. Т. 1. 736 с.
11. Гидрогеология СССР. Т. 5. Украинская ССР / под ред. Ф. А. Руденко. Москва : Недра, 1971. 614 с.
12. Гольдберг В. М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Ленинград, 1987. 248 с.

13. Гольдберг В. М. Гидрогеологические прогнозы качества подземных вод на водозаборах. Москва : Недра, 1976. 152 с.
14. Гольдберг В. М. Природные и техногенные факторы защищенности грунтовых вод. *Бюллетень МОИП*. 1983. № 2. С. 103–110.
15. Гузік Я. І. Узагальнення та оперативний аналіз геолого-геофізичних матеріалів в центральній частині Дніпровсько-Донецької западини за 2007-2009 рр. Полтава : ДГП «Укргеофізика» Східно-Українська геофізична розвідувальна експедиція, 2009. 85 с.
16. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні правила і норми «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Київ, 2010. 45 с. (Стандарт Міністерства охорони здоров'я України)
17. Детальная разведка подземных вод участков водозаборов № 6 и № 7 для водоснабжения г. Полтавы, выполненной Кременчугской ГРЭ в 1980-1983 гг. / отв. исп. Н. Т. Швыдь, Ю. А. Терентиев. Днепропетровск : Кременчугская ГРЭ треста «Укрюжгеология», 1983. 250 с.
18. Дзекцер Е. С. Мониторинг подземных вод урбанизированных территорий. *Водные ресурсы*. 1993. Т. 20. № 5. С. 615–620.
19. Дробноход Н., Боровский Б., Язвин Л. Оценка запасов подземных вод. Киев : Вища школа, 1982. 409 с.
20. Ємчук Т. В. Оцінка захищеності підземних вод: методологічні аспекти і практичне застосування. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2011. Т. 1. № 22. С. 45–50.
21. Европейская Директива 98/83/ЕС от 3 ноября 1998 по качеству питьевой воды, предназначенной для употребления человеком. *Журнал Европейского Сообщества*. 1998. № 330. С. 32–54.
22. Елохина С. Н. Изучение условий подтока соленых вод к водозабору через разрывное нарушение и литологическое «окно». *Геология и полезные ископаемые Урала* : тезисы докладов VII Уральской конф. молодых ученых, 23-25 мая 1981 г., Свердловск, 1981. С. 55–58.

23. Елохина С. Н., Сродных Э. М. Использование комплексной характеристики водоупора для прогноза гидрогеологических окон. *Использование поверхностных и подземных вод Урала и проблема управления ими*. 1983. С. 60–66.
24. Жовинский Э. Я. Геохимия фтора в осадочных формациях юго-запада Восточно-Европейской платформы. Киев : Наукова думка, 1979. 200 с.
25. Жовинский Э. Я., Крюченко Н. О. Полтавская фтороносная провинция. *Вода і водоочисні технології*. 2003. № 2 (6). С. 46–50.
26. Загальнодержавна програма «Питна вода України» на 2006–2020 роки, затверджена Законом України від 3 березня 2005 року № 2455-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2455-15> (дата звернення: 01.08.2023).
27. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». *Відомості Верховної Ради України*. 1991. № 41. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 01.08.2023).
28. Зекцер И. С. Подземные воды как компонент окружающей среды. Москва : Научный мир, 2001. 328 с.
29. Зекцер И. С., Каримова О. А., Бужуоли Ж., Буччи М. Региональная оценка уязвимости пресных подземных вод: методологические аспекты и практическое применение. *Водные ресурсы*. 2004. Т. 31. № 6. С. 645–650.
30. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. Ленинград : Гидрометеиздат, 1979. 375 с.
31. Камзіст Ж. С., Шевченко О. Л. Гідрогеологія України : навч. посібник. Київ : ІНКОС, 2009. 614 с.
32. Карта естественной защищенности подземных вод Украины, м-б 1:200 000, 1987 г. Полтавская обл. / отв. исп. Л. А. Микитчук, А. Е. Терентиева. Новая Галещина : Кременчугская ГРЭ треста «Укрюжгеология», 1987. 28 с.
33. Карта естественной защищенности подземных вод УССР м-ба 1:200 000. Харьковская обл. 1987 г. / отв. исп. Б. Н. Чопык. Харьков : Харьковская ГРЭ треста «Укрюжгеология», 1988. 35 с.

34. Киссин И. Г. Гидродинамические аномалии в подземной гидросфере. Москва : Наука, 1967. 134 с.
35. Киссин И. Г. Изменение гидрогеологической обстановки в городах и промышленных районах. *Вода под землей*. Москва : Наука, 1976. С. 212–214.
36. Климентов П., Кононов В. Динамика подземных вод. Москва : Высшая школа, 1985. 200 с.
37. Кононенко А. В. Геологічні та екологічні передумови розвитку гідрогеологічних «вікон» (на прикладі крейдових водозаборів Східної України). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2017. Вип. 47. С. 182–190.
38. Кононенко А. В., Яковлев В. В. Обґрунтування раціонального розміщення нових водозаборів в мергельно-крейдянному водоносному горизонті на території Східної України. *Hungarian scientific journal*. 2018. № 23. С. 8–14.
39. Кононенко А. В., Удалов І. В. Основні передумови зниження якості питних підземних вод крейдових водозаборів Східної України. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2016. Вип. 44. С. 63–70.
40. Копилевич В. А., Войтенко Л. В. К вопросу нормирования качества воды для разных видов водопотребления. *Вода і водоочисні технології*. 2010. № 5–6. С. 17–20.
41. Копылов И. С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах. *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=4745> (дата звернення: 01.08.2023).
42. Котлов Ф. В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. Москва : Недра, 1978. 298 с.
43. Кошляков О. Є., Диняк О. В., Кошлякова І. Є. До питання вразливості питних підземних вод в межах Київської міської агломерації з урахуванням природної захищеності. *Вісник Одеського національного університету. Серія «Географічні та геологічні науки»*. 2014. Т. 19. № 3 (22). С. 269–273.

44. Крайнов С. Р., Швець В. М. Основы геохимии подземных вод. Москва : Недра, 1980. 285 с.
45. Кухар М. В., Крюченко Н. О. Гідрогеохімічні критерії міграції підземних вод Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2013. № 1 (13). С. 30–33.
46. Левонюк С. М. Визначення параметрів оцінки гідрогеологічної захищеності підземних вод. *Актуальні питання наук про Землю: погляд молоді* : матеріали Наукової конференції студентів і аспірантів, 6-7 квітня 2018 р., Харків, 2018. С. 18–20.
47. Левонюк С. М. Вплив трансформації якісного складу питних підземних вод на здоров'я населення у межах деяких міських агломерацій Східного регіону. *РЕГІОН-2019: суспільно-географічні аспекти* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців, 11-12 квітня 2019 р., Харків, 2019. С. 151–153.
48. Левонюк С. М. Гідрогеологічна захищеність бучацько-канівського водоносного комплексу центральної частини ДДАБ від можливого техногенного забруднення. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2017. Вип. 47. С. 191–198.
49. Левонюк С. М. Екологічні та гідрохімічні особливості процесів неотектонічного забруднення питних підземних вод. *Гідрогеологія: наука, освіта, практика* : матеріали V Наукової конференції з міжнародною участю, 14-15 листопада 2018 р., Харків, 2018. С. 31–33.
50. Левонюк С. М. Зміни показнику захищеності підземних вод бучацько-канівського водоносного комплексу центральної частини ДДАБ. *Гідрогеологія: наука, освіта, практика* : матеріали IV наукової конференції з міжнародною участю, 1-3 листопада 2017 р., Харків, 2017. С. 54–57.
51. Левонюк С. М., Кнюпа А. С. Визначення зон міграції глибинних некондиційних вод за гідрогеохімічними показниками якісного складу питних підземних вод. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : матеріали

XVII Міжнародної науково-практичної конференції, 13-17 вересня 2021 р., Харків, 2021. С. 123–128.

52. Левонюк С. М., Кнюпа А. С., Фик І. М. Методичний підхід до визначення флюїдопровідності розривних тектонічних порушень за гідрогеохімічними показниками якісного складу питних підземних вод. *Нафтогазова галузь України*. 2021. № 1 (49). С. 5–11.

53. Левонюк С. М. Концептуальний підхід до вивчення трансформації якісного складу питних підземних вод центральної частини ДДАБ. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 7-11 жовтня 2019 р., Трускавець, 2019. Т. 2. С. 231–234.

54. Левонюк С. М. Обґрунтування виділення перспективних ділянок для розміщення нових бучацько-канівських водозаборів у межах Східної України. *Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні* : матеріали Наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка, 14-16 травня 2019 р., Київ, 2019. Т. 2. С. 135–136.

55. Левонюк С. М. Особливості підрахунку запасів питних підземних вод на об'єктах нафтогазової промисловості. *Актуальні проблеми гідрогеології* : матеріали II наукової конференції, 5-6 листопада 2015 р., Харків, 2015. С. 41–43.

56. Левонюк С. М., Удалов І. В. Геоекологічні критерії удосконалення методики оцінки ризику забруднення підземних вод. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції, 10-14 вересня 2018 р., Харків, 2018. С. 203–208.

57. Левонюк С. М., Удалов І. В. Еколого-гідрохімічні особливості трансформації якості питних підземних вод під впливом техногенних та неотектонічних факторів (на прикладі бучацько-канівських водозаборів Східної України). *Пошукова та екологічна геохімія*. 2018. № 1 (19). С. 30–40.

58. Левонюк С. М., Удалов І. В. Комплексна геоекологічна оцінка захищеності питних підземних вод. *Вісник Одеського національного університету. Серія «Географічні та геологічні науки»*. 2018. Т. 23, вип. 2 (33). С. 111–133.

59. Левонюк С. М., Удалов І. В. Критерії оцінки рівнів забруднення підземних вод на бучацько-канівських водозаборах центральної частини ДДАБ. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції, 9-13 вересня 2019 р., Харків, 2019. С. 204–206.

60. Левонюк С. М., Удалов І. В. Техногенний вплив на еколого-гідрогеологічні фактори захищеності питних підземних вод Східної України. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції, 8-12 жовтня 2018 р., Трускавець, 2018. Т. 2. С. 26–28.

61. Левонюк С. М., Фик І. М. Гідрогеохімічний підхід до визначення флюїдопровідності тектонічних порушень. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2022. № 3 (84). С. 58–66.

62. Левонюк С. М., Шум Т. І., Прожога Н. П., Чернявська І. Б. Особливості підрахунку запасів питних підземних вод на об'єктах нафтогазової промисловості (на прикладі Тимофіївського, Машівського та Яблунівського родовищ). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2015. Вип. 43. С. 57–62.

63. Лущик А. В., Лисиченко Г. В., Яковлев Е. А. Формирование режима подземных вод в районах развития активных геодинамических процессов. Киев : Наукова думка, 1988. 164 с.

64. Лютий Г. Г., Саніна І. В. Фактори погіршення якості підземних вод у процесі експлуатації водозаборів. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*. 2011. № 1. С. 91–104.

65. Матусевич В. М. Изучение формирования химического состава вод зон разрывных нарушений в связи с поисками рудных месторождений

гидрогеохимическим методом : автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. Томск, 1964. 25 с.

66. Методические рекомендации по организации и ведению мониторинга подземных вод (изучение режима химического состава подземных вод) / сост. Л. П. Лапшова, В. М. Гольдберг, С. Г. Мелькановицкая и др. Москва : ВСЕГИНГЕО, 1985. 76 с.

67. Методические рекомендации по изучению и прогнозу режима химического состава подземных вод в естественных и нарушенных условиях / сост. Е. Н. Ярцева, В. А. Барон, В. М. Гольдберг и др. Москва : ВСЕГИНГЕО, 1974. 117 с.

68. Мироненко В. А., Румынин В. Г. Оценка защитных свойств зоны аэрации (применительно к загрязнению подземных вод). *Инженерная геология*. 1990. № 2. С. 3–18.

69. Михневич Г. С. Оценка защищенности подземных вод Калининградской области от загрязнения. *Вестник Российского государственного университета им. Иммануила Канта. Серия естественные науки*. 2010. Вып. 1. С. 93–101.

70. Назаренко Е. А., Нікозять Ю. Б., Іващенко О. Д. Оцінка стану здоров'я населення, що проживає в межах території біогеохімічної провінції з підвищеним вмістом фторидів. *Науково-технічний журнал*. 2015. № 2 (12). С. 80–84.

71. Овчинников Л. Н. Геохимия техногенеза окружающей среды. Москва, 1990. 248 с.

72. Огняник Н. С., Парамонова Н. К., Брикс А. Л. Эколого-гидрогеологический мониторинг территорий загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами. Киев : LAT&K, 2013. 254 с.

73. Огняник Н. С. Охрана подземных вод в условиях техногенеза. Киев : Вища школа, 1985. 221 с.

74. Осокина Н. П. Влияние разрывной тектоники на естественную защищенность подземных вод на примере Киевской области (Украина). *Пошукова та екологічна геохімія*. 2016. № 1 (17). С. 9–12.
75. Остроух О. А. Якісна оцінка природної захищеності підземних вод засобами ГІС. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2013. Вип. 38. № 1049. С. 34–38.
76. Пашковский И. С. Принципы оценки защищенности подземных вод от загрязнения. *Современные проблемы гидрогеологии и гидромеханики*. 2002. С. 122–131.
77. Питьева К. Е. Гидрогеологические исследования в районах нефтяных и газовых месторождений. Москва : Недра, 1999. 199 с.
78. Плотников Н., Краевский С. Гидрогеологические аспекты охраны окружающей среды. Москва : Недра, 1983. 74 с.
79. Плотников Н. И. Техногенные изменения гидрогеологических условий. Москва, 1989. 268 с.
80. Подземные воды СССР. Обзор подземных вод Полтавской области. В 3-ех томах / сост. Г. П. Марченко, Л. Е. Кутащенко, Л. Н. Алейникова и др.; гл. ред. А. Е. Бабинец. Москва, 1965. 950 с.
81. Подземные воды СССР. Обзор подземных вод Харьковской области. В 3-ех томах / сост. М. М. Костюченко-Павлова, С. П. Яндола, Э. Г. Белогорская и др.; гл. ред. А. Е. Бабинец. Москва, 1968. 900 с.
82. Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. Москва : Наука, 1977. 664 с.
83. Попов О. И., Подригало Л. В., Даниленко Г. Н., Семко Н. Г. Воздействие фтора и его производных на окружающую среду и организм человека. *Врачебная практика*. 2000. № 1. С. 87–89.
84. Потапов А. А., Панова И. О. Защищенность подземных вод и ее виды. *Современные проблемы гидрогеологии : V Толстихинские чтения, 20-22 марта 1996 г., Санкт-Петербург, 1996. С. 35–40.*

85. Прибилова В. М. Мікрокомпонентний склад питних підземних вод водозаборів малих міст Харківщини : монографія. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. 216 с.
86. Приходько В., Сингур Е. Объяснительная записка к гидрогеологической карте СССР масштаба 1:200 000. Серия Днепроовско-Донецкая, лист М-36-ХV. Киев, 1974. 75 с.
87. Приходько В., Сингур Е. Объяснительная записка к гидрогеологической карте СССР масштаба 1:200 000. Серия Днепроовско-Донецкая, лист М-36-ХVI. Киев, 1974. 80 с.
88. Рекомендации по гидрогеологическим расчетам для определения границ 2-х и 3-х поясов зон санитарной охраны подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения / под ред. Е. М. Бирюковой. Москва : ВНИИ «ВОДГЕО», 1983. 102 с.
89. Решетов И. К., Бут Ю. С., Дробноход Н. И. Малые артезианские бассейны Северо-Западного Донбасса. Киев : Наукова думка, 1987. 200 с.
90. Рогачевская Л. М. Региональная оценка уязвимости грунтовых вод восточной части Днепровского артезианского бассейна к радионуклидному загрязнению : автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. Москва, 2002. 23 с.
91. Роговская Н. В. Карта естественной защищенности подземных вод от загрязнения. *Природа*. 1976. № 3. С. 57–76.
92. Сердюкова О. О. Гідрогеохімічні особливості фтора у зоні гіпергенезу Донбасу та деякі аспекти його впливу на організм людини. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2013. № 1084. С. 243–246.
93. Сляднев В. А. Оценка уязвимости подземных вод как методология анализа их экологического состояния в районах активного изменения состояния геологической среды. *Охорона довкілля та екологічна безпека : збірник доповідей науково-практичної конференції, Донецьк, 2001. Т. 1. С. 89–92.*
94. Смоляр В. І., Петрашенко Г. І. Надлишок фтору в питній воді і фториста інтоксикація. *Проблеми харчування*. 2007. № 1. С. 15–17.

95. Справочное руководство гидрогеолога. Т. 1 / под ред. В. М. Максимова. Ленинград : Недра, 1979. 512 с.
96. Стан підземних вод України, щорічник / під ред. Н. Б. Коваленко, В. Ф. Величко. Київ : Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2020. 127 с.
97. Суярко В. Г., Безрук К. О. Гідрогеохімія (геохімія підземних вод) : навч. посібник. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. 112 с.
98. Суярко В. Г. Геохимия подземных вод восточной части Днепровско-Донецкого авлакогена. Харьков : ХНУ имени В.Н. Каразина, 2006. 225 с.
99. Суярко В., Сасмаз А., Барташук О., Сердюкова О., Манюк В. Геохімія фтору у ореольних водах рудних полів південно-східної частини Дніпровсько-Донецького авлакогену. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2022. № 57. С. 28-37.
100. Терещенко В. А. Гидродинамическая модель Днепровско-Донецкого артезианского бассейна. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. 2001. № 521. С. 102–105.
101. Терещенко В. О. Гідрогеологія України : навч. посібник. Харків, 2006. 44 с.
102. Удалов І. В., Решетов І. К. Еколого-геологічне картографування та моніторинг геологічного середовища: навчальний посібник. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 152 с.
103. Удалов І. В., Левонюк С. М. Трансформація якісного складу питних підземних вод центральної частини ДДАБ. *Геохімія техногенезу*. 2019. Вип. 2 (30). С. 46–55.
104. Чирвинская М. В., Соллогуб В. Б. Глубинная структура Днепровско-Донецкого авлакогена по геофизическим данным. Киев : Наукова думка, 1980. 180 с.
105. Чомко Д. Ф. Визначення гідрогеологічних вікон за гідрохімічними критеріями. *Геологічний журнал*. 2000. № 4. С. 20–24.

106. Шестоपालов В. М., Лялько В. И., Огняник Н. С., Дробноход Н. И. Водобмен в гидрогеологических структурах Украины. Водобмен в естественных условиях : монография. Киев : Наукова думка, 1989. 288 с.

107. Шестоपालов В. М., Лялько В. И., Огняник Н. С., Дробноход Н. И. Водобмен в гидрогеологических структурах Украины. Водобмен в нарушенных условиях : монография. Киев : Наукова думка, 1991. 528 с.

108. Шестоपालов В. М. О гидродинамической зональности и водообмене в гидрогеологических структурах. *Геологический журнал*. 2014. № 4 (349). С. 9–26.

109. Шестоपालов В. М. Методы изучения естественных ресурсов подземных вод. Москва : Наука, 1988. 168 с.

110. Шестоपालов В. М., Богуславский А. С., Бублясь В. Н. Оценка защищенности и уязвимости подземных вод с учетом зон быстрой миграции. Киев : Ин-т геол. наук НАН Украины, 2007. 120 с.

111. Шестоपालов В. М., Бабинец А. Е., Боревский Б. В. Формирование эксплуатационных ресурсов подземных вод платформенных структур Украины. Киев : Наукова думка, 1979. 216 с.

112. Шпак Е. Н., Огняник Н. С., Парамонова Н. К., Маторин Е. М. Гидрогеологические исследования для оценки защитных свойств зоны аэрации при проникновении легких нефтепродуктов. *Новые технологии для очистки нефтезагрязненных вод, почв, переработки и утилизации нефтешламов* : тезисы докладов международной конференции, 10-11 декабря 2001 г., Москва, 2001. С. 46–48.

113. Щербаков А. В. Закономерности обогащения подземных вод редкими химическими элементами. *Применение гидрогеохимического метода при поисках рудных месторождений*. 1974. С. 69–75.

114. Щербак О. В. Зміна природної захищеності підземних вод в умовах підтоплення на території Херсонської області. *Вісник Одеського національного університету. Серія «Географічні та геологічні науки»*. 2013. Т. 18, вип. 1 (17). С. 249–253.

115. Шнюков Е. Ф., Шестопалов В. М., Яковлев Е. А. Экологическая геология Украины : справочное пособие. Киев : Наукова Думка, 1993. 407 с.

116. Юркова Н. А. Узагальнення оцінок стану прогнозних ресурсів та експлуатаційних запасів підземних вод з використанням автоматизованої бази прогнозних ресурсів підземних вод України (Титул 28/30). Київ : ДНВП «Геоінформ України», 2016. 286 с.

117. Яковлев В. В. Закономірність формування сольового складу природних вод зони активного водообміну України. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2015. Вип. 43. С. 93–100.

118. Яковлев В. В. Перспективні джерела природних вод для питного водопостачання України, їх охорона і раціональне використання : дис. на здобуття наукового ступеня доктора геол. наук : 21.06.01. Харків, 2017. 337 с.

119. Яковлев В. В. Подземные воды борových террас как источник питьевого водоснабжения. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2008. Вип. 29. № 824. С. 43–48.

120. Яковлев В. В., Лищина В. Д., Литвиненко И. Н., Гаврилюк О. В. Проблема фтора в подземных водах Харьковского региона в связи с их эксплуатацией. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2009. Вип. 30. С. 244–250.

121. Яковлев Є. О., Мельник І. В., Дубицький А. І. Еколого-геохімічна оцінка забруднення ґрунтів, донних відкладів, ґрунтових вод. Методичні рекомендації. Київ : ДГП «Геоінформ», 1998. 34 с.

122. Яковлев Є. О. Методологія екологічних досліджень регіональних техногенних змін геологічного середовища України : автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.26.05. Київ, 1996. 95 с.

123. Яковлев Е. А., Юркова Н. А., Сляднев В. А. Методология оценки экологического состояния подземных вод. *Экология и ресурсосбережение*. 2001. № 3. С. 56–59.

124. Яцик А. В. Екологічна безпека в Україні. Київ : Генеза, 2001. 216 с.
125. A modified drinking water quality index (DWQI) for assessing drinking source water quality in rural communities of Khuzestan Province, Iran / Abtahi M. et al. *Ecological Indicators*. 2015. Vol. 53. P. 283–291.
126. Aksoy N., Şimşek C., Gunduz O. Groundwater contamination mechanism in a geothermal field: A case study of Balçova, Turkey. *Journal of Contaminant Hydrology*. 2009. Vol. 103, iss. 1-2. P. 13–28.
127. Albinet M., Margat J. Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine. *Bulletin BRGM 2nd Series*. 1970. № 3 (4). P. 13–22.
128. Aller L., Bennet T., Lehr J. H., Petty R. DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. Washington : U. S. Environmental Protection Agency. 1987. EPA/600/2-85-018.
129. Amini M., Mueller, K. Abbaspour K. C., Rosenberg T. Statistical modelling of global geogenic fluoride contamination in groundwaters. *Environmental Science & Technology*. 2008. Vol. 42. P. 3662–3668.
130. Aziz A., Oudalov I. V., Rouhollah N., Ghasemi N. Rational integration of ecologic-geological studies. *Ecology, environment and conservation*. 2015. Vol. 21, Iss. 4. P. 1625–1631.
131. Ball D., MacDonald A., Dochartaigh B., del Rio M. Development of a groundwater vulnerability screening methodology for the Water Framework Directive. Final report. Project WFD28. Edinburgh : SNIFFER, 2004. 52 p.
132. Burden F. R., Mckelvie I., Forstner U., Guenther A. Environmental Monitoring Handbook. McGraw-Hill, 2007. 1100 p.
133. Chen Y., Han D. Water quality monitoring in smart city: A pilot project. *Automation in Construction*. 2018. Vol. 89. P. 307–316.
134. Chernet T., Travi Y., Valles V. Mechanism of degradation of the quality of natural water in the lakes region of the Ethiopian rift valley. *Water Research*. 2001. Vol. 35, № 12. P. 2819–2832.

135. Civita M., De Maio M. Assessing and mapping groundwater vulnerability to contamination: The Italian «combined» approach. *Geofisica Internacional*. 2004. Vol. 43, № 4. P. 513–532.

136. Dalla Libera N., Fabbri P., Mason L., Piccinini L. Geostatistics as a tool to improve the natural background level definition: An application in groundwater. *Science of The Total Environment*. 2017. Vol. 598. P. 330–340.

137. Fluoride in Water: An Overview. New York : UNICEF, 2008. 150 p.

138. Foster S. S. D. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. *Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants* : International Conference, The Hague, Netherlands, 1987. P. 69–86.

139. Gogu R. C., Dassargues A. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overly and index methods. *Environmental Geology*. 2000. № 39 (6). P. 549–559.

140. Groundwater Resources of Southern Wisconsin. Technical Report No. 37. Wisconsin : Southern Wisconsin Regional Planning Commission, Department of Natural Resources, 2002. 150 p.

141. Hallett B. M., Dharmagunawardhane H. A., Atal S., Valsami-Jones E. Mineralogical sources of groundwater fluoride in Archaen bedrock/regolith aquifers: Mass balances from southern India and north-central Sri Lanka. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2015. Vol. 4, part A. P. 111–130.

142. Janardhana Raju N. Prevalence of fluorosis in the fluoride enriched groundwater in semi-arid parts of eastern India: Geochemistry and health implications. *Quaternary International*. 2017. Vol. 443, part B. P. 265–278.

143. Kononenko A., Lurie A., Udalov I. Criteria for Assessing Groundwater Contamination Levels of Marl and Chalk Water Intakes in Eastern Ukraine. *Eastern European Scientific Journal*. 2018. № 2. P. 13–17.

144. Levoniuk S. M. Hydrogeochemical features of changes in the F⁻ content in the groundwater chemical composition of buchak-kaniv aquifer to increase the ecological safety of population drinking water supply. *Екологічні науки*. 2022. № 5 (44). С. 69–72.

145. Levoniuk S. M., Nimets N. M., Udalov I. V. Role of technogenic component in processes of groundwater composition transformation at buchak-kaniv water intakes in Eastern Ukraine (on example of F⁻ content). *Eastern European Scientific Journal*. 2019. № 2. P. 86–93. URL: <http://auris-verlag.net/314-2/> (дата звернення: 01.08.2023).

146. Levoniuk S. M., Samoilov V. V., Udalov I. V., Petik V. O. Ecological and hydrogeological factors of qualitative composition destabilization of drinking groundwater within the central part of DDAB. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2019. Вип. 51. С. 207–220.

147. Levoniuk S. M., Udalov I. V. Development of measures to increase the ecological safety of drinking water supply for population of Eastern Ukraine due to the use of buchak-kaniv aquifer groundwater. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2022. № 4 (99). С. 80–84.

148. Levoniuk S. M., Udalov I. V. The technogenic aspect in the processes of groundwater quality changes within the urban water intakes of Eastern Ukraine. *Географические аспекты устойчивого развития регионов : материалы III Международной научно-практической конференции, посвященная 50-летию геолого-географического факультета и кафедры геологии и географии, 23-25 мая 2019 г., Беларусь, Гомель, 2019*. С. 417–420.

149. Levoniuk S. M., Udalov I. V. Vulnerability assessment of drinking groundwater of buchak-kaniv aquifer under the conditions of quality composition long-term transformation. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2022. Вип. 57. С. 17–27.

150. Li D., Gao X., Wang Y., Wenting L. Diverse mechanisms drive fluoride enrichment in groundwater in two neighboring sites in northern China. *Environmental Pollution*. 2018. Vol. 237. P. 430–441.

151. Loague K., Abrams R. H., Davis S. N., Nguyen A. A case study simulation of DBCP groundwater contamination in Fresno County, California: 2. Transport in

the saturated subsurface. *Journal of Contaminant Hydrology*. 1998. Vol. 29, iss. 2. P. 137–163.

152. Margat J. Vulnerabilite des nappes d'eau souterraine a la pollution (Vulnerability of groundwater to pollution). Orleans : BRGM Publication 68 SGL 198 HYD, 1968. 175 p.

153. Molinari A., Guadagnini L., Marcaccio M., Guadagnini A. Geostatistical multimodel approach for the assessment of the spatial distribution of natural background concentrations in large-scale groundwater bodies. *Water Research*. 2019. Vol. 149. P. 522–532.

154. Nieber J. L. The relation of preferential flow to water quality, and its theoretical and experimental quantification. *Preferential Flow. Water Management and Chemical Transport in the Environment* : Proceedings of the 2nd International Symposium, January 3-5, 2001, Honolulu, USA, 2001. P. 1–9.

155. Nurani Zulkifli S., Abdul Rahim H., Lau W.-J. Detection of contaminants in water supply: A review on state-of-the-art monitoring technologies and their applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2018. Vol. 255, Part 3. P. 2657–2689.

156. Olmer M., Rezac B. Methodical principles of maps for protection of groundwater in Bohemia and Moravia scale 1:200 000. *Mem. I.A.H.* 1974. Vol. 10, iss. 1. P. 105–107.

157. Preziosi E., Parrone D., Del Bon A., Chergo S. Natural background level assessment in groundwaters: probability plot versus pre-selection method. *Journal of Geochemical Exploration*. 2014. Vol. 143. P. 43–53.

158. Rafique T., Naseem S., Usmani T. H. Geochemical factors controlling the occurrence of high fluoride groundwater in the Nagar Parkar area, Sindh, Pakistan. *Journal of Hazardous Materials*. 2009. Vol. 171, № 1-3. P. 424–430.

159. Rango T., Vengosh A., Jeuland M., Tekle-Haimanot R. Fluoride exposure from groundwater as reflected by urinary fluoride and children's dental fluorosis in the Main Ethiopian Rift Valley. *Science of The Total Environment*. 2014. Vol. 496. P. 188–197.

160. Reddy D. V., Nagabhushanam P., Sukhija B. S., Smedley P. L. Fluoride dynamics in the granitic aquifer of the Wailapally watershed, Nalgonda District, India. *Chemical Geology*. 2010. Vol. 269, № 3-4. P. 278–289.
161. Schmoll O., Howard G., Chilton J., Chorus I. Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking-water Sources. London : IWA Publishing, 2006. 697 p.
162. Sililo O. T. N., Conrad J. E., Dohse T. E., Tredoux G. A procedure for deriving qualitative contaminant attenuation maps from land type data. *Journal of Hydrology*. 2001. Vol. 241. P. 104–109.
163. Szabo J., Hall J. On-line Water Quality Monitoring for Drinking Water Contamination. *Comprehensive Water Quality and Purification*. 2014. Vol. 2. P. 266–282.
164. Udalov I. V., Levoniuk S. M., Samoilov V. V. The ecological and hydrogeological factors of destabilization of drinking groundwater quality within Eastern Ukraine and the measures for its environmentally safe use. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* : materials of XIII International Scientific Conference, 12-15 November 2019, Ukraine, Kyiv, 2019. P. 1–5.
165. Van Stempvoort D., Ewert L., Wassenaar L. A method for groundwater protection mapping in the Praire Province of Canada. PPWB Report No. 114. Saskatoon, Saskatchewan : National Hydrogeology Research Institute, 1995. 145 p.
166. Vrana M. Ochrana prostyc podzemnich vod v Cechach a na Morava. Vysvetlivsky k mape 1:500 000. Praha : Wat. Res. Plan Cent., 1968.
167. Vrba J., Zaporozec A. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. Hanover : H. Heise, 1994. 131 p.
168. Weiwu Y., Jialong L., Xiaohui B. Comprehensive assessment and visualized monitoring of urban drinking water quality. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 2016. Vol. 155. P. 26–35.
169. Zaporozec A. Groundwater Contamination Inventory. IHP-VI, Series on groundwater, № 2. UNESCO, 2002.

170. Zhang R., Hamerlinck J. D., Gloss S. P., Munn L. Determination of nonpoint-source pollution using GIS and numerical models. *Journal of Environmental Quality*. 1996. Vol. 25 (3). P. 411–418.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Наукові праці в фахових виданнях України, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. **Левонюк С. М.,** Удалов І. В. Комплексна геоекологічна оцінка захищеності питних підземних вод. *Вісник Одеського національного університету. Серія «Географічні та геологічні науки».* 2018. Т. 23, вип. 2 (33). С. 111–133. – 0,955 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,62 д.а. – розроблена комплексна система районування території досліджень за ризиками трансформації якості підземних вод).

2. **Левонюк С. М.,** Удалов І. В. Еколого-гідрохімічні особливості трансформації якості питних підземних вод під впливом техногенних та неотектонічних факторів (на прикладі бучацько-канівських водозаборів Східної України). *Пошукова та екологічна геохімія.* 2018. № 1 (19). С. 30–40. – 0,455 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,25 д.а. – визначені особливості еколого-гідрогеохімічних умов бучацько-канівського водоносного комплексу у процесі довгострокової експлуатації, простежені характерні елементи-індикатори та їх критичні значення, які вказують на трансформацію складу вод).

3. **Levoniuk S. M.** Hydrogeochemical features of changes in the F⁻ content in the groundwater chemical composition of buchak-kaniv aquifer to increase the ecological safety of population drinking water supply. *Екологічні науки.* 2022. № 5 (44). С. 69–72.

4. **Левонюк С. М.,** Фик І. М. Гідрогеохімічний підхід до визначення флюїдопровідності тектонічних порушень. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* 2022. № 3 (84). С. 58–66. – 0,45 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,25 д.а. – розроблений методичний підхід до локалізації зон міграції глибинних некондиційних вод до вищезалягаючих водоносних

комплексів, проведена апробація цього підходу на прикладі водозаборів Полтавської міської агломерації).

**Наукові праці в фахових виданнях України, в яких опубліковані
основні наукові результати дисертації, що входять до міжнародної
наукометричної бази Web of Science**

5. **Левонюк С. М.**, Шум Т. І., Прожога Н. П., Чернявська І. Б. Особливості підрахунку запасів питних підземних вод на об'єктах нафтогазової промисловості (на прикладі Тимофіївського, Машівського та Яблунівського родовищ). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2015. Вип. 43. С. 57–62. – 0,25 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,165 д.а. – визначена оптимальна методика підрахунку запасів питних підземних вод на екологічно небезпечних об'єктах та проведений аналіз гідрогеохімічних умов підземних вод даних територій).

6. **Левонюк С. М.** Гідрогеологічна захищеність бучацько-канівського водоносного комплексу центральної частини ДДАБ від можливого техногенного забруднення. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2017. Вип. 47. С. 191–198. – 0,33 д.а.

7. **Levoniuk S. M.**, Samoilov V. V., Udalov I. V., Petik V. O. Ecological and hydrogeological factors of qualitative composition destabilization of drinking groundwater within the central part of DDAB. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2019. Вип. 51. С. 207–220. – 0,58 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,33 д.а. – встановлені чинники погіршення якості питних підземних вод на водозаборах центральної частини ДДАБ, проведено апробацію розробленого підходу на водозаборах Полтавської міської агломерації).

8. **Levoniuk S. M.**, Udalov I. V. Vulnerability assessment of drinking groundwater of buchak-kaniv aquifer under the conditions of quality composition

long-term transformation. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2022. Вип. 57. С. 17–27. – 0,455 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,25 д.а. – розроблена комплексна система районування території досліджень за ризиками трансформації якості підземних вод, яка була апробована на водозаборах Східної України).

9. **Levoniuk S. M.**, Udalov I. V. Development of measures to increase the ecological safety of drinking water supply for population of Eastern Ukraine due to the use of buchak-kaniv aquifer groundwater. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2022. № 4 (99). С. 80–84. – 0,25 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,15 д.а. – розроблено заходи для покращення екологічної безпеки питного водопостачання населення підземними водами бучацько-канівського водоносного комплексу у межах Східної України).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

10. Udalov I. V., **Levoniuk S. M.**, Samoilov V. V. The ecological and hydrogeological factors of destabilization of drinking groundwater quality within Eastern Ukraine and the measures for its environmentally safe use. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* : materials of XIII International Scientific Conference, 12-15 November 2019, Ukraine, Kyiv, 2019. P. 1–5. (Scopus) – 0,2 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,125 д.а. – визначені чинники дестабілізації якості підземних вод та розроблені заходи екологічно безпечного використання цих вод).

11. **Левонюк С. М.** Особливості підрахунку запасів питних підземних вод на об'єктах нафтогазової промисловості. *Актуальні проблеми гідрогеології* : матеріали II наукової конференції, 5-6 листопада 2015 р., Харків, 2015. С. 41–43. – 0,125 д.а.

12. **Левонюк С. М.** Зміни показнику захищеності підземних вод бучацько-канівського водоносного комплексу центральної частини ДДАБ. *Гідрогеологія: наука, освіта, практика* : матеріали IV наукової конференції з міжнародною участю, 1-3 листопада 2017 р., Харків, 2017. С. 54–57. – 0,165 д.а.

13. **Левонюк С. М.** Визначення параметрів оцінки гідрогеологічної захищеності підземних вод. *Актуальні питання наук про Землю: погляд молоді* : матеріали Наукової конференції студентів і аспірантів, 6-7 квітня 2018 р., Харків, 2018. С. 18–20. – 0,125 д.а.

14. **Левонюк С. М.,** Удалов І. В. Геоекологічні критерії удосконалення методики оцінки ризику забруднення підземних вод. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції, 10-14 вересня 2018 р., Харків, 2018. С. 203–208. – 0,25 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,165 д.а. – розроблені та апробовані комплексні показники, які дозволяють визначити ступінь повної геоекологічної захищеності підземних вод від забруднення як техногенного, так і природного характерів).

15. **Левонюк С. М.,** Удалов І. В. Техногенний вплив на еколого-гідрогеологічні фактори захищеності питних підземних вод Східної України. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції, 8-12 жовтня 2018 р., Трускавець, 2018. Т. 2. С. 26–28. – 0,125 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,08 д.а. – досліджений вплив сучасного техногенезу на еколого-гідрогеологічні фактори захищеності підземних вод).

16. **Левонюк С. М.** Екологічні та гідрохімічні особливості процесів неотектонічного забруднення питних підземних вод. *Гідрогеологія: наука, освіта, практика* : матеріали V Наукової конференції з міжнародною участю, 14-15 листопада 2018 р., Харків, 2018. С. 31–33. – 0,125 д.а.

17. **Левонюк С. М.** Вплив трансформації якісного складу питних підземних вод на здоров'я населення у межах деяких міських агломерацій Східного регіону. *РЕГІОН-2019: суспільно-географічні аспекти* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців, 11-12 квітня 2019 р., Харків, 2019. С. 151–153. – 0,125 д.а.

18. **Левонюк С. М.** Обґрунтування виділення перспективних ділянок для розміщення нових буцацько-канівських водозаборів у межах Східної України.

Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні : матеріали Наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка, 14-16 травня 2019 р., Київ, 2019. Т. 2. С. 135–136. – 0,08 д.а.

19. **Levoniuk S. M., Udalov I. V.** The technogenic aspect in the processes of groundwater quality changes within the urban water intakes of Eastern Ukraine. *Географические аспекты устойчивого развития регионов* : материалы III Международной научно-практической конференции, посвященная 50-летию геолого-географического факультета и кафедры геологии и географии, 23-25 мая 2019 г., Беларусь, Гомель, 2019. С. 417–420. – 0,165 д.а. (*Особистий внесок здобувача – 0,125 д.а. – простежений геофоновий вміст F^- у підземних водах бучацько-канівського водоносного комплексу, визначені стадії розробки водозаборів м. Полтава на основі характеру техногенезу та зміни вмісту F^-*).

20. **Левонюк С. М., Удалов І. В.** Критерії оцінки рівнів забруднення підземних вод на бучацько-канівських водозаборах центральної частини ДДАБ. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції, 9-13 вересня 2019 р., Харків, 2019. С. 204–206. – 0,125 д.а. (*Особистий внесок здобувача – 0,08 д.а. – розроблені критерії для оцінки рівнів забруднення підземних вод на водозаборах території досліджень при загальному та спеціальному рівнях моніторингових робіт*).

21. **Левонюк С. М.** Концептуальний підхід до вивчення трансформації якісного складу питних підземних вод центральної частини ДДАБ. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 7-11 жовтня 2019 р., Трускавець, 2019. Т. 2. С. 231–234. – 0,165 д.а.

22. **Левонюк С. М., Кнюпа А. С.** Визначення зон міграції глибинних некондиційних вод за гідрогеохімічними показниками якісного складу питних підземних вод. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції, 13-17 вересня 2021 р., Харків, 2021. С. 123–128. – 0,25 д.а. (*Особистий внесок здобувача – 0,165 д.а. –*

розроблений підхід до локалізації зон міграції глибинних некондиційних вод до вищезалегалих водоносних комплексів).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

23. **Levoniuk S. M.**, Nimets N. M., Udalov I. V. Role of technogenic component in processes of groundwater composition transformation at buchak-kaniv water intakes in Eastern Ukraine (on example of F^- content). *Eastern European Scientific Journal*. 2019. № 2. P. 86–93. URL: <http://auris-verlag.net/314-2/> (дата звернення: 22.07.2023). – 0,33 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,21 д.а. – визначені чинники, які впливають на збільшення вмісту F^- у питних підземних водах у процесі експлуатації водозаборів, проведений кореляційний аналіз зв'язку зміни вмісту компоненту від величини водовідбору в зоні впливу тектонічних порушень, пов'язаних із Полтавським соляним діапіром).

24. Удалов І. В., **Левонюк С. М.** Трансформація якісного складу питних підземних вод центральної частини ДДАБ. *Геохімія техногенезу*. 2019. Вип. 2 (30). С. 46–55. – 0,41 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,25 д.а. – розроблений сучасний концептуальний підхід до вивчення еколого-гідрогеологічної трансформації якісного складу питних підземних вод буцацько-канівського водоносного комплексу центральної частини Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну).

25. **Левонюк С. М.**, Кнюпа А. С., Фик І. М. Методичний підхід до визначення флюїдопровідності розривних тектонічних порушень за гідрогеохімічними показниками якісного складу питних підземних вод. *Нафтогазова галузь України*. 2021. № 1 (49). С. 5–11. – 0,3 д.а. (Особистий внесок здобувача – 0,165 д.а. – розроблений підхід до локалізації зон міграції глибинних некондиційних вод до вищезалегалих водоносних комплексів, проведена апробація цього підходу на прикладі водозаборів Полтавської міської агломерації).

Довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження



УкрНДІгаз

Український науково-дослідний інститут
природних газів

Акціонерне товариство «Укргазвидобування»
вул. Гімназійна набережна, 20, м. Харків, Україна, 61010
Тел.: +380 (57) 730-46-02. Факс: +380 (57) 733-17-55
ЄДРПОУ 00158764
ДСТУ ISO 14001:2015
office.ndigas@ugv.com.ua
www.ugv.com.ua



UkrNDIGas

Ukrainian Scientific Research Institute
of Natural Gases

Joint stock company «Ukrgasvydobuvannya»
20, Himnaziina Naberezhna St., Kharkiv, Ukraine, 61010
Tel.: +380 (57) 730-46-02. Fax: +380 (57) 733-17-55
USREOU 00158764
ISO 14001:2015
office.ndigas@ugv.com.ua
www.ugv.com.ua

Довідка

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Левонюка Сергія Михайловича

Наукові висновки та результати дисертаційного дослідження Левонюка Сергія Михайловича на тему «Еколого-гідрогеологічна трансформація якісного складу підземних вод бучацько-канівського водоносного комплексу Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну» використані та впроваджені при виконанні у 2014-2019 рр. 15 науково-дослідних робіт сектором підрахунку запасів питних підземних вод Українського науково-дослідного інституту природних газів, основними із яких є:

- «Геолого-економічна оцінка з запасів питних підземних вод з техніко-економічним обґрунтуванням видобутку їх в межах Машівської, Яблунівської, Тимофіївської ділянок та ділянки водозабору ТЦСК»;
- «Проект на проведення геологічного вивчення з дослідно-промисловою розробкою ділянки УКПГ-3 Хрестищенського родовища питних підземних вод»;
- «Проект зони санітарної охорони Юліївського родовища питних підземних вод».

У рамках даних робіт застосовано запропоновану Левонюком С. М. оптимальну методику підрахунку запасів питних підземних вод на екологічно небезпечних об'єктах. Проведені Левонюком С. М. дослідження дозволили впровадити підхід до оцінки гідрогеохімічних умов підземних вод на деяких об'єктах нафтогазової індустрії та визначення екологічно небезпечних ділянок забруднення питних підземних вод.

Проведені Левонюком С. М. наукові дослідження дозволили підвищити ефективність виконання проектних робіт для безперебійного водопостачання питними підземними водами прийнятної якості 10 об'єктів нафтогазової галузі.

Директор УкрНДІгазу, канд. техн. наук, с. н. с.

Михайло БРАТАХ



Український науково-дослідний інститут природних газів
№УкрНДІгаз вих№262 від 01.09.2022
КЕП: Братах М. І. 31.08.2022 17:48
58E2D9E7F900307B04000002D5D3400E6B3A000

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 22:57:05 27.08.2023

Назва файлу з підписом: Дисертаційна робота_Левонюк Сергій Михайлович.pdf.p7s
Розмір файлу з підписом: 9.1 МБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Дисертаційна робота_Левонюк Сергій Михайлович.pdf
Розмір файлу без підпису: 9.0 МБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: Левонюк Сергій Михайлович

П.І.Б.: Левонюк Сергій Михайлович

Країна: Україна

РНОКПП: 3310705178

Організація (установа): АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "УКРГАЗВИДОБУВАННЯ"

Код ЄДРПОУ: 00158764

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 22:56:55
27.08.2023

Сертифікат виданий: КНЕДП ДПС

Серійний номер: 3FAA9288358EC003040000001B6832006B8CBC00

Тип носія особистого ключа: ЗНКІ e.ключ Avest AvestKey

Алгоритм підпису: ДСТУ-4145

Тип підпису: Кваліфікований

Тип контейнера: Підпис та дані в CMS-файлі (CAAdES)

Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAAdES-X Long)

Сертифікат: Кваліфікований