

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ДЯДІН ДМИТРО ВОЛОДИМИРОВИЧ**

УДК 502.175:[556.3/.5:622.323/.324](043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ

**МОНІТОРИНГ ПІДЗЕМНИХ І ПОВЕРХНЕВИХ ВОД НА ОБ'ЄКТАХ  
НАФТОГАЗОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека  
Галузь знань – технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

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



Дядін Д. В.

Науковий керівник Стольберг Фелікс Володимирович, д-р техн. наук,  
професор

Харків – 2019

## АНОТАЦІЯ

**Дядін Д. В. Моніторинг підземних і поверхневих вод на об'єктах нафтогазопромислового комплексу – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, 2019.

Захист дисертації відбудеться на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04. Сумський державний університет Міністерства освіти і науки України, Суми, 2019.

Дисертація присвячена розробленню науково-методичних засад локального моніторингу підземних і поверхневих вод на території діяльності об'єктів видобування нафти і природного газу з метою підвищення екологічної безпеки нафтогазовидобувних регіонів України.

Аналіз чинного екологічного законодавчого, нормативно-методичного забезпечення та опрацювання наукових публікацій показали, що моніторинг вод на локальному рівні є обов'язковим для проведення на території діяльності нафтогазовидобувних об'єктів, проте його методичні засади не розроблені.

Комплексне вивчення якості підземних і поверхневих вод на родовищах Східного нафтогазоносного басейну України дозволило виявити осередки забруднення гідросфери компонентами супутніх пластових вод (СПВ). Дослідження їх кількісних і якісних характеристик довело пріоритетність СПВ як забруднювача гідросфери досліджуваної території.

Встановлено, що найбільші рівні забруднення підземних і поверхневих вод виникають на ділянках експлуатації відкритих споруд підготовки продукції та систем повернення СПВ у надра. Визначено, що екологічна небезпека СПВ зумовлена високими концентраціями забруднювальних речовин, невластивих поверхневим і підземним водам зони активного

водообміну на території басейну. Закономірності впливу СПВ на якісний склад підземних і поверхневих вод проявляються у збільшенні концентрацій таких рухомих компонентів, як іони хлоридів, натрію, стронцію та літію, що істотно перевищують встановлені гранично-допустимі концентрації (ГДК) для питних вод і фонові значення в прісних природних водних об'єктах.

Науково обґрунтовано і застосовано комплекс індикаторів забруднення гідросфери компонентами СПВ на основі гідрохімічних та ізотопних показників, що забезпечує об'єктивне визначення наявності і ступеню забруднення. Запропоновано перелік індикаторів, що складають основу моніторингу підземних і поверхневих вод на ділянках об'єктів нафтогазовидобувної діяльності, до яких включено рівні підземних вод, температуру, питому електропровідність, водневий показник рН, окислювально-відновний потенціал, вміст хлоридів  $\text{Cl}^-$ , натрію  $\text{Na}^+$ , кальцію  $\text{Ca}^{2+}$ , стронцію  $\text{Sr}^{2+}$ , літію  $\text{Li}^+$ , нафтопродуктів, мінералізацію та ізотопний склад води  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ .

Розроблено науково-методичні засади локального моніторингу підземних і поверхневих вод, що включають обґрунтування мети та завдань моніторингу, послідовність та періодичність проведення спостережень, критерії встановлення та розміщення пунктів моніторингу для різних категорій вод, обґрунтований перелік обов'язкових і рекомендованих індикаторів, методи та засоби практичного здійснення режимних спостережень, методи оброблення та інтерпретування результатів спостережень.

Розроблено систему інформаційного забезпечення локального моніторингу гідросфери, що складається із комплексу реляційної бази даних та геоінформаційної системи для впорядкування, зберігання, опрацювання та інтерпретації даних якісного складу підземних і поверхневих вод. Ця система дозволяє підвищити ефективність контролю якості гідросфери та є основою для прийняття об'єктивних управлінських рішень щодо забезпечення вимог екологічної безпеки.

Отримані результати дозволили удосконалити методи екологічного моніторингу нафтогазовидобувних територій та оцінки впливу нафтогазовидобувної діяльності на компоненти гідросфери.

**Ключові слова:** екологічна безпека, видобування нафти і газу, супутні пластові води, моніторинг, підземні води, поверхневі води, техногенне забруднення, індикатори, мережа пунктів спостережень.

***Наукові праці, в яких опубліковані наукові результати дисертації***

1. Журавель Н. Е., Клочко П. В., Дядін Д. В. Современное экологическое состояние подземных и поверхностных вод в районе Качановского нефтепромыслового узла. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2007. № 4. С. 66–73.

2. Дядін Д. В. Гідрохімічні показники осередків забруднення підземних вод на родовищах Східного нафтогазоносного басейну. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. № 1(15). С. 37–47.

3. Дядін Д. В., Журавель М. Ю., Клочко П. В., Борщ М. С., Яременко В. В. Оцінка впливу на підземні води на ділянці проведення гідророзриву пласта. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. № 2 (16). С. 10–19.

4. Дядін Д. В., Журавель М. Ю., Клочко Т. О., Яременко В. В. Аналіз чинного нормативно-правового забезпечення екологічного моніторингу на територіях діяльності нафтогазовидобувних підприємств України. *Екологія та промисловість*. 2017. № 3–4 (52–53). С. 127–134.

5. Дядін Д. В., Журавель М. Ю., Клочко П. В. Оцінка стану довкілля на ділянках аварійних свердловин. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2018. № 1 (17). С. 4–13.

6. Дядін Д. В., Дмитренко Т. В., Яковлев В. В., Вергелес Ю. І. Оцінка стану природних джерел у басейні р. Роганка Харківської області як джерел альтернативного децентралізованого водопостачання. *Екологічна безпека*. 2018. Вип. 2/2018 (26). С. 39–48.



7. Дядін Д. В. Принципи розміщення пунктів локального моніторингу підземних і поверхневих вод на ділянках нафтогазовидобування. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2018. № 2 (18). С. 121–133.

8. Zhuravel M., Drozd O., Diadin D., Sheina T., Yaremenko V. Geochemical characteristics of halogenic technosoils within oil and gas fields. *Agrochemistry and Soil Science*. 2017. 86. P. 100–106.

9. Vystavna Y., Yakovlev V., Diadin D., Vergeles Y., Stolberg F. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface and ground waters in the transboundary (Russia/Ukraine) Seversky Donets basin. *Environmental Earth Sciences*. 2015. Vol. 74 (1). P. 585–596.

10. Vystavna Y., Huneau F., Diadin D. Defining a stable water isotope framework for isotope hydrology application in a large transboundary watershed (Russian Federation/Ukraine). *Isotopes in Environmental and Health Studies*. 2017. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/10256016.2017.1346635>. (Індексується в міжнародних наукометричних базах Scopus, Web of Science).

11. Vystavna Y., Frkova Z., Celle-Jeanton H., Diadin D., Huneau F., Steinmann M., Crini N., Loup C. Priority substances and emerging pollutants in urban rivers in Ukraine: occurrence, fluxes and loading to transboundary European Union watersheds. *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 637–638. P. 1358–1362. (Індексується в міжнародних наукометричних базах Scopus, Web of Science).

### ***Наукові праці, які засвідчують апробацію результатів дисертації***

12. Яременко В. В., Дядін Д. В. Гідрохімічний моніторинг природних вод на території діяльності СП «Полтавська газонафтова компанія». *Безпека середовища життєдіяльності людини: екологічні, медичні та економічні аспекти* : матер. наук.-практ. конф., (м. Ялта, 26–30 вересня 2011 р.). Ялта, 2011. С. 20–21.

13. Diadin D., Vystavna Y. Temporal and spatial variations in stable isotopes ( $^{18}\text{O}$  and  $^2\text{H}$ ) and major ion concentration within the Seversky Donets water

catchment, East Ukraine. *International Symposium on Isotope Hydrology: Revisiting Foundations and Exploring Frontiers* : proceedings of the symposium (IAEA, 11–15 May 2015). Vienna, Austria, 2015. P. 147–150.

14. Vystavna Y., Diadin D. Water scarcity and contamination in eastern Ukraine. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*. 2015. Vol. 366. P. 149–150. (Збірник індексується у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science)

15. Дядин Д. В., Клочко П. В., Голик Ю. С., Яременко В. В. Организация мониторинга подземных вод на территории деятельности СП «Полтавская газонефтяная компания» (Полтавская область, Украина). *Современные научные исследования: инновации и опыт* : матер. XVII–XVIII міжнар. наук.-практ. конф., (м. Єкатеринбург, Росія, 04–05 грудня 2015 р.). Єкатеринбург, 2015. С. 11–17.

16. Дядин Д. В. Геоінформаційне забезпечення моніторингу довкілля на об'єктах нафтогазовидобувного комплексу. *ГІС-Форум 2016* : матер. форуму (ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 16–18 березня 2016 р.). Харків, 2016.

17. Дядин Д. В. Гідрохімічні показники моніторингу підземних і поверхневих вод на об'єктах нафтогазовидобувної інфраструктури. *Екогеофорум-2017. Актуальні проблеми та інновації* : матер. міжнар. наук.-практ. конф. (Івано-Франківський нац. техн. ун-т нафти і газу, 22–25 березня 2017 р.). Івано-Франківськ, 2017. С. 66–67.

18. Diadin D., Celle-Jeanton H., Steinmann M., Loup C., Crini N., Vystavna Y., Vergeles Y., Huneau F. Distribution of persistent organic pollutants and trace metals in surface waters in the Seversky Donets River basin (Eastern Ukraine). *European Geosciences Union General Assembly 2017*. (Vienna, 23–28 April 2017). Geophysical Research Abstracts. Vol. 19, EGU2017-14670-1. Vienna, Austria, 2017.

19. Дядин Д. В., Клочко Т. О., Яременко В. В. Екологічний моніторинг компонентів довкілля під час розробки нафтогазового родовища. *Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки* : матер.

Х міжнар. наук.-практ. конф. (Полтавський нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка, 6–8 грудня 2017 р.). Полтава, 2017. С. 36–37.

20. Drozd O., Zhuravel M., Diadin D. Halogenated technosoils within oil and gas fields of Ukraine. *Global Symposium on Soil Pollution: proceedings* (Rome, 2–4 May 2018). Rome, Italy, 2018. P. 257–262.

21. Diadin D. Implementation of water monitoring on oil and gas production areas in Ukraine. *Science-policy seminar “Instruments of EU environmental policy for Ukraine”*. V. N. Karazin Kharkiv National University, 20 April 2018. Kharkiv, Ukraine. P. 12–14.

22. Подчерніна Т. Ю., Дядін Д. В. Використання ГІС для оцінки впливу господарської діяльності на об’єкти природно-заповідного фонду. *ГІС і заповідні території* : матер. VI наук.-метод. семінару (м. Краснокутськ, НПП Слобожанський, 29 червня – 02 липня 2018 р.). Харків, 2018.

23. Сенько О. С., Дядін Д. В. Просторові обмеження нафтогазовидобувної діяльності в складі оцінки впливу на довкілля. *Сталий розвиток міст* : матер. XII Всеукр. студ. наук.-техн. конф. (м. Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 24 квітня 2019 р.). Харків, 2019. С. 200–202.

## ABSTRACT

***Diadin D. V. Groundwater and surface water monitoring on oil-gas production areas.*** – Qualifying scientific work on the manuscript right.

Thesis for the academic degree of the Candidate of Technical Science (Doctor in Philosophy) in specialty 21.06.01 – environmental safety. Sumy State University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2019. Specialized Academic Council D 55.051.04.

The thesis defense will be held at the Specialized Academic Council D55.051.04 meeting. Sumy State University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2019.

This thesis treats the development of scientific and methodological principles of local monitoring of groundwater and surface water on areas of oil and natural gas production in order to enhance the environmental safety of oil-gas production regions of Ukraine.

Analysis of current environmental legislation, normative and methodological guidelines as well as review of scientific papers have shown that water monitoring on local level is obligatory for commitment on oil-gas production areas, however its methodological background is not developed.

Complex study of groundwater and surface water quality at oil-gas fields of Eastern oil-gas-bearing basin of Ukraine has revealed spots of water pollution by produced water components. Qualitative and quantitative parameters of polluted water have been explored and priority of produced water as major pollutant of hydrosphere on the studied area has been proved.

The highest level of water contamination with produced water components have been observed at the sites of open facilities of produced fluids processing as well as systems of produced water deep injection. Environmental hazard of produced water was found to be linked with high concentrations of pollutants which are not typical for surface water and groundwater of active recharge zone in the basin. Impact of produced water components to groundwater and surface water quality has been identified as increase of chloride, sodium, strontium and lithium concentrations, which are noticeably exceed permissible limits for drinking water and background values in fresh natural water bodies.

The set of indicators of natural water pollution by produced water compounds has been scientifically justified and applied basing on hydrochemical and isotopic tools which allow identifying and quantifying the contamination. The list of basic indicators for groundwater and surface water monitoring on oil-gas production areas has been developed. It includes groundwater table depth, temperature, conductivity, pH, redox-potential, concentrations of chloride, sodium, calcium, strontium, lithium, hydrocarbons, total dissolved solids, and water stable isotopes  $\delta^2\text{H}$ – $\delta^{18}\text{O}$ .

Scientific and methodological principles of local monitoring of groundwater and surface water have been developed. They comprise justification of monitoring objectives and tasks, sequence and frequency of observations, criteria for identification and allocation of monitoring points for different types of water bodies, set of obligatory and optional indicators, techniques and tools for field observations and water sampling, methods of data processing and interpretation.

Informational system supporting local water monitoring has been developed. It combines a relational database with geographical information system for data storage, regulation, processing and interpretation of water quality information. The system enhances efficiency of water quality control and provides a basis for effective decision-making regarding environmental safety requirements.

The thesis outputs have improved methods of environmental monitoring on oil-gas fields as well as contributed to approaches to environmental impact assessment of oil-gas production on groundwater and surface water.

**Keywords:** environmental safety, oil and gas production, produced water, monitoring, groundwater, surface water, technogenic pollution, indicators, observation points grid.

**Scientific papers, in which the scientific results of the dissertation are published:**

1. Zuravel N., Klochko P., Diadin D. Contemporary environmental condition of surface water and groundwater in the area of Kachanivka oil and gas production site. *Environmental Science and Life Safety*. 2007. № 4. P. 66–73.
2. Diadin D. Hydrochemical indicators of groundwater pollution on oil and gas fields of Eastern basin. *Environmental Safety and Balanced Use of Resources*. 2017. № 1(15). P. 37–47.
3. Diadin D., Zuravel N., Klochko P., Borshch M., Yaremenko V. Assessment of impact on groundwater on the hydraulic fracturing site. *Environmental Safety and Balanced Use of Resources*. 2017. № 2 (16). P. 10–19.

4. Diadin D., Zuravel N., Klochko T., Yaremenko V. Analysis of current legislative support of environmental monitoring on the areas of oil and gas production enterprises activities in Ukraine. *Ecology and Industry*. 2017. № 3–4 (52–53). P. 127–134.
5. Diadin D., Zuravel N., Klochko P. Environmental impact assessment on failure wells sites. *Environmental Safety and Balanced Use of Resources*. 2018. № 1 (17). P. 4–13.
6. Diadin D., Dmytrenko T., Yakovlev V., Vergeles Y. Assessment of natural springs conditions in Roganka river basin (Kharkiv region) in terms of alternative drinking water supply. *Environmental Safety*. 2018. 2/2018 (26). P. 39–48.
7. Diadin D. Principles of spatial disposal of local water monitoring points on oil-gas production areas. *Environmental Safety and Balanced Use of Resources*. 2018. № 2 (18). P. 121–133.
8. Zhuravel M., Drozd O., Diadin D., Sheina T., Yaremenko V. Geochemical characteristics of halogenic technosoils within oil and gas fields. *Agrochemistry and Soil Science*. 2017. 86. P. 100–106.
9. Vystavna Y., Yakovlev V., Diadin D., Vergeles Y., Stolberg F. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface and ground waters in the transboundary (Russia/Ukraine) Seversky Donets basin. *Environmental Earth Sciences*. 2015. Vol. 74 (1). P. 585–596.
10. Vystavna Y., Huneau F., Diadin D. Defining a stable water isotope framework for isotope hydrology application in a large transboundary watershed (Russian Federation/Ukraine). *Isotopes in Environmental and Health Studies*. 2017.
11. Vystavna Y., Frkova Z., Celle-Jeanton H., Diadin D., Huneau F., Steinmann M., Crini N., Loup C. Priority substances and emerging pollutants in urban rivers in Ukraine: occurrence, fluxes and loading to transboundary European Union watersheds. *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 637–638. P. 1358–1362.

**Scientific papers, which testify to the approbation of the materials of the dissertation:**

12. Yaremenko V., Diadin D. Hydrochemical monitoring of natural waters on the area of JV Poltava Petroleum company production activity. *Proceedings of Scientific and Technical Conference “Environmental and Life Safety: environmental, medical and economical aspects”*. (Yalta, 26–30 September 2011). Yalta, 2011. P. 20–21.

13. Diadin D., Vystavna Y. Temporal and spatial variations in stable isotopes ( $^{18}\text{O}$  and  $^2\text{H}$ ) and major ion concentration within the Seversky Donets water catchment, East Ukraine. *Proceedings of International Symposium on Isotope Hydrology: Revisiting Foundations and Exploring Frontiers*. (Vienna, International Atomic Energy Agency, 11–15 May 2015). Vienna, Austria, 2015. P. 147–150.

14. Vystavna Y., Diadin D. Water scarcity and contamination in Eastern Ukraine. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*. 2015. Vol. 366. P. 149–150.

15. Diadin D., Klochko P., Golik Y., Yaremenko V. Organization of groundwater monitoring on the production area of JV Poltava Petroleum Company (Poltava region, Ukraine). *Proceeding of XVII-XVIII International Scientific and Technical Conference “Contemporary scientific research: innovations and experience”*. (Ekaterinburg, 04–05 December 2015). Ekaterinburg, Russian Federation, 2015. P. 11–17.

16. Diadin D. Geoinformational support of environmental monitoring on oil and gas production facilities. *Proceeding of GIS-Forum 2016*. (Kharkiv, V. N. Karazin Kahrkiv National University, 16–18 March 2016). Kharkiv, 2016.

17. Diadin D. Hydrochemical indicators for surface water and groundwater monitoring of oil-gas production infrastructure sites. *Proceedings of International Scientific and Technical Conference “Ecogeoforum-2017. Urgent problems and innovations”*. (Ivano-Frankivsk, National Technical University of Oil and Gas, 22–25 March 2017). Ivano-Frankivsk, 2017. P. 66–67.

18. Diadin D., Celle-Jeanton H., Steinmann M., Loup C., Crini N., Vystavna Y., Vergeles Y., Huneau F. Distribution of persistent organic pollutants and trace metals in surface waters in the Seversky Donets River basin (Eastern Ukraine). *European Geosciences Union General Assembly 2017*. (Vienna, 23–28 April 2017). Geophysical Research Abstracts. Vol. 19, EGU2017-14670-1. Vienna, Austria, 2017.

19. Diadin D., Klochko T., Yaremenko V. Environmental monitoring of oil-gas field exploration. *Proceedings of X International Scientific and Technical Conference “Problems and perspectives of academic and university science development”*. (Poltava, National Technical University named after Yuri Kondratyuck, 6–8 December 2017). Poltava, 2017. P. 36–37.

20. Drozd O., Zhuravel M., Diadin D. Halogenated technosoils within oil and gas fields of Ukraine. *Proceedings of Global Symposium on Soil Pollution*. (Rome, 2–4 May 2018). Rome, Italy, 2018. P. 257–262.

21. Diadin D. Implementation of water monitoring on oil and gas production areas in Ukraine. *Materials of Science-policy seminar “Instruments of EU environmental policy for Ukraine”*. (Kharkiv, V. N. Karazin Kharkiv National University, 20 April 2018). Kharkiv, Ukraine. P. 12–14.

22. Podchernina T., Diadin D. Application of GIS techniques for impact assessment on nature conservation lands. *Proceedings of VI Scientific and Methodical Seminar “GIS and nature conservation areas”*. (Krasnokutsk, National Park Slobozhanskiy, 29 June – 02 July 2018). Kharkiv, 2018.

23. Senko O., Diadin D. Spatial limitations of oil-gas production activity in the frames of environmental impact assessment. *Proceedings of XII Ukrainian Student Scientific and Technical Conference “Urban Sustainable Development”*. (Kharkiv, O. M. Beketov National University of Urban Economy, 24 April 2019). Kharkiv, 2019. part 2. P. 200–202.



## ЗМІСТ

<b>Перелік скорочень.....</b>	<b>17</b>
<b>Вступ.....</b>	<b>18</b>
<b>РОЗДІЛ 1 ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МОНІТОРИНГУ</b>	
<b>ГІДРОСФЕРИ ЯК СКЛАДОВОЇ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ</b>	
<b>БЕЗПЕКОЮ НАФТОГАЗОВИДОБУВНОГО КОМПЛЕКСУ .....</b>	<b>25</b>
1.1 Характеристика нафтогазовидобувного комплексу України.....	25
1.2 Вразливість водних ресурсів на території Східного нафтогазоносного басейну України .....	30
1.3 Сучасний стан досліджень впливу нафтогазовидобувного комплексу на підземні та поверхневі води .....	37
1.4 Аналіз нормативно-правової та методичної бази проведення моніторингу вод на об'єктах нафтогазовидобування.....	40
1.4.1 Огляд чинної нормативно-правової бази в сфері охорони вод ...	40
1.4.2 Аналіз нормативно-правових основ моніторингу вод.....	43
1.4.3 Методичне забезпечення моніторингу вод.....	50
Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження .....	55
<b>РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>58</b>
2.1 Характеристика природних умов території досліджень.....	58
2.2 Вхідні дані для досліджень .....	63
2.3 Методи польових і лабораторних досліджень .....	67
2.4 Методи опрацювання даних .....	69
Висновки до розділу 2.....	70

<b>РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ТА ВИДІВ ЗАБРУДНЕННЯ</b>	
<b>ПРИРОДНИХ ВОД ВІД ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВИДОБУВНОГО</b>	
<b>КОМПЛЕКСУ .....</b>	<b>72</b>
3.1 Аналіз джерел впливу об'єктів нафтогазовидобувного комплексу на природні води .....	72
3.2 Характеристика систем поводження з СПВ як джерел забруднення водних об'єктів на родовищі.....	75
3.3 Оцінка екологічної небезпеки СПВ .....	80
3.3.1 Загальна характеристика та об'єми СПВ .....	80
3.3.2 Гідрохімічні характеристики СПВ .....	81
3.3.3 Ізотопний склад СПВ .....	88
Висновки до розділу 3 .....	94
<b>РОЗДІЛ 4 ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ</b>	
<b>ЗАБРУДНЕННЯ ВОД НА РОДОВИЩАХ СХІДНОГО БАСЕЙНУ..</b>	<b>96</b>
4.1 Загальні закономірності складу забруднених вод на досліджених родовищах .....	96
4.2 Формування осередків забруднення природних вод на нафтогазопромислових об'єктах .....	106
4.2.1 Оцінка умов забруднення на ділянках відкритих систем підготовки СПВ .....	106
4.2.2 Оцінка умов забруднення на ділянках експлуатації скидних свердловин і водоводів СПВ .....	116
4.3 Оцінка стану підземних вод міжпластових водоносних горизонтів .	119
4.4 Просторовий аналіз умов взаємного розташування нафтогазових родовищ і цінних водних екосистем .....	122
Висновки до розділу 4 .....	131

<b>РОЗДІЛ 5 МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТА</b>	
<b>ЗДІЙСНЕННЯ МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНИХ ВОД НА</b>	
<b>ТЕРИТОРІЯХ НАФТОГАЗОПРОМИСЛІВ.....</b>	<b>133</b>
5.1 Цілі та завдання моніторингу .....	133
5.2 Етапність і періодичність проведення моніторингу .....	135
5.3 Створення локальних мереж пунктів моніторингу підземних і поверхневих вод .....	138
5.3.1 Завдання і склад локальної мережі пунктів моніторингу .....	138
5.3.2 Принципи вибору та розміщення спостережних пунктів підземних вод.....	140
5.3.3 Принципи вибору та розміщення спостережних пунктів поверхневих вод.....	143
5.4 Методи і засоби реалізації режимних спостережень .....	146
5.4.1 Відбирання проб підземних і поверхневих вод.....	146
5.4.2 Польові дослідження.....	149
5.5 Обґрунтування індикаторів негативного впливу на підземні і поверхневі вод від нафтогазовидобувних об'єктів.....	150
5.5.1 Рівні підземних вод .....	150
5.5.2 Польові фізико-хімічні показники.....	151
5.5.3 Гідрохімічні показники.....	156
5.5.4 Ізотопні методи ідентифікації забруднювальних речовин .....	160
5.6 Методи оброблення та інтерпретації результатів моніторингу .....	162
5.6.1 Інформаційно-аналітичний комплекс даних моніторингу.....	162
5.6.2 Структура геоінформаційної системи моніторингу .....	167
5.7 Впроваджена система моніторингу підземних і поверхневих вод на території Ігнатівського родовища.....	170

	16
<b>Основні результати та висновки .....</b>	<b>174</b>
<b>Пропозиції щодо впровадження у виробництво .....</b>	<b>177</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>178</b>
<b>Додатки .....</b>	<b>201</b>

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- ГІС – геоінформаційні системи;
- ГПЗ – газопереробний завод;
- ДДЗ – Дніпровсько-Донецька западина;
- ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;
- ДСТУ – Державний стандарт України;
- ЄС – Європейський Союз;
- ЗСО – зона санітарної охорони (водозаборів);
- НГ – нафтогазовий;
- НГВ – нафтогазовидобувний;
- НПП – національний природний парк;
- ОВП – окислювально-відновний потенціал;
- ПЗФ – природно-заповідний фонд;
- ППТ – підтримання пластового тиску;
- РЛП – регіональний ландшафтний парк;
- СЗЗ – санітарно-захисна зона;
- СПВ – супутні пластові води;
- ЦВНГ – цех з видобування нафти і газу.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Нафтогазовидобувна діяльність чинить значне техногенне навантаження на компоненти довкілля й належить до переліку екологічно небезпечних видів діяльності як в Україні, так і у світі. Масштабність впливу на довкілля та високий ступінь екологічної небезпеки процесів видобування, транспортування та перероблення вуглеводневої сировини зумовлюють необхідність розроблення та впровадження науково обґрунтованих систем спостережень за станом довкілля на території родовищ. Беручи до уваги, що терміни освоєння кожного родовища становлять від 10 до 30 років, а іноді й більше, необхідно застосовувати системи регулярних спостережень, які б забезпечили виявлення тенденцій змінювання та прогнозування стану довкілля, тобто системи екологічного моніторингу.

Аналіз наукових досліджень свідчить, що найуразливішим компонентом довкілля, який найбільше зазнає негативного впливу з боку нафтогазовидобувної діяльності, є поверхневі та підземні води внаслідок їхньої розповсюженості, динамічності, ресурсної цінності та виняткової важливості екосистемних функцій. Проблема охорони та збереження якості водних ресурсів особливо актуальна в Східному нафтогазоносному регіоні України, де зосереджено понад 70 % запасів вуглеводневої сировини країни.

Чинне природоохоронне законодавство України зобов'язує нафтогазовидобувні підприємства здійснювати екологічний моніторинг на території своєї діяльності, зокрема спостереження за станом підземних і поверхневих вод, хоча аспекти організації, порядку проведення та методична база такого моніторингу розроблені недостатньо. Зокрема, відсутні настанови щодо проведення моніторингу вод на локальному рівні, однозначні усталені настанови щодо переліку показників-індикаторів забруднення від нафтогазовидобувної діяльності, регламенту та частоти спостережень, принципів розміщення локальних спостережних мереж, методів оброблення

та інтерпретації результатів моніторингу, що обумовлює актуальність цього дослідження.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Основні положення дисертаційної роботи щодо постановки завдання розроблення системи локального моніторингу вод відповідають положенням Законодавства України щодо охорони водного середовища та моніторингу довкілля. Основою дисертаційної роботи є матеріали науково-дослідних робіт, що виконувались упродовж 2016–2018 рр. відповідно до тематичного плану кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова, пов'язаних із тематиками «Наукові засади оцінювання функціональної стійкості компонентів ландшафтів територій нафтогазовидобування» (номер держреєстрації 0118U007626), «Методологічні засади відновлення та захисту міських територій» (номер держреєстрації 0112U001033), «Екологічно сталий розвиток урбосистем в контексті європейської інтеграції України» (номер держреєстрації 0117U000679), “River water quality assessment in the transboundary Russia/Ukraine water basin of the Seversky Donets River using environmental isotopic methods” / «Оцінка якості поверхневих вод в межах трансграничного басейну р. Сіверський Донець з використанням ізотопних методів» (НДР № 17881), у яких автор брав участь як виконавець, “Evaluation of human impacts on water balance and nutrients dynamics in transboundary Russia/Ukraine river basin” / «Оцінка антропогенного впливу на водний баланс та динаміку поживних речовин в межах трансграничного басейну р. Сіверський Донець» (НДР № 18409), у якій автор брав участь як відповідальний виконавець, а також матеріали науково-дослідних робіт ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД», які виконувалися за безпосередньої участі автора в період 2006–2018 р. р. (довідка № 01-20/11 від 20.11.2018).

**Метою роботи** є розроблення науково-методичних засад локального моніторингу підземних і поверхневих вод на території діяльності нафтогазовидобувних підприємств на прикладі Східного нафтогазоносного басейну України.

Для досягнення зазначеної мети поставлено та вирішено такі завдання:

- проаналізувати чинне екологічне законодавче та нормативно-методичне забезпечення моніторингу гідросфери на території діяльності нафтогазовидобувних об'єктів;
- дослідити вплив нафтогазовидобувних об'єктів на гідросферу та визначити пріоритетні чинники забруднення підземних і поверхневих вод;
- установити надійні індикатори забруднення гідросфери, зумовлені діяльністю нафтогазовидобувних об'єктів;
- обґрунтувати методологію проведення локального моніторингу гідросфери на території діяльності нафтогазовидобувних підприємств;
- розробити інформаційно-програмний комплекс для впорядкування, зберігання та оброблення даних локального моніторингу гідросфери на об'єктах нафтогазопромислового комплексу.

**Об'єкт дослідження** – техногенний вплив нафтогазовидобувних об'єктів Східного басейну нафтогазоносного регіону України на підземні та поверхневі води.

**Предмет дослідження** – показники якості підземних і поверхневих вод та теоретико-методичні засади моніторингу гідросфери на об'єктах нафтогазовидобувного комплексу.

**Методи дослідження.** Дослідження проводилися з використанням емпіричних методів: польові обстеження, вимірювання фізико-хімічних параметрів природних вод (температура, питома електропровідність, водневий показник, окислювально-відновний потенціал) на місці потенціометричним методом, лабораторні дослідження складу природних вод (уміст основних іонів, нафтопродуктів, стронцію, літію, сухий залишок) за стандартизованими методиками; вимірювання рівнів підземних вод; для оброблення та інтерпретації результатів застосовувалися аналітичні методи досліджень – системний аналіз, методи описової статистики, картографічне моделювання, геопросторовий аналіз, синтез, формалізація.



**Наукова новизна одержаних автором результатів.**

– уперше для встановлення характеру техногенного впливу нафтогазовидобувного комплексу на складники гідросфери на єдиній теоретичній та методичній основі проведено комплексне вивчення якості підземних і поверхневих вод та виявлено осередки їхнього забруднення компонентами супутніх пластових вод (далі – СПВ) на родовищах Східного нафтогазоносного басейну України;

– уперше визначено кількісні та якісні характеристики осередків забруднення підземних і поверхневих вод компонентами СПВ, доведено пріоритетність СПВ як чинника екологічної небезпеки для гідросфери досліджуваної території та встановлено закономірності впливу компонентів СПВ на якісний склад підземних і поверхневих вод, що виявляються у збільшенні концентрації хлоридів, натрію, стронцію та літію;

– уперше з метою достовірної ідентифікації забруднення підземних і поверхневих вод компонентами СПВ науково обґрунтовано та застосовано комплекс індикаторів на основі гідрохімічних та ізотопних показників;

– уперше розроблено науково-методичні засади та систему інформаційного забезпечення локального моніторингу гідросфери на територіях нафтогазовидобутку, що складається із комплексу бази даних та геоінформаційної системи для підвищення ефективності контролю якості гідросфери та об'єктивності прийняття управлінських рішень щодо забезпечення вимог екологічної безпеки;

– набули подальшого розвитку методи оцінювання техногенного впливу нафтогазовидобувної діяльності на складники гідросфери та методи екологічного моніторингу нафтогазовидобувних територій.

**Практичне значення отриманих результатів.** Розроблені у роботі науково-методичні засади моніторингу підземних і поверхневих вод були покладені в основу систем екологічного моніторингу, запроєктованих і впроваджених ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД» на території діяльності низки нафтогазовидобувних підприємств Східної України (акт впровадження від 01.09.2017, довідка про впровадження від 20.11.2018).

На основі положень, розроблених у роботі, створено режимну мережу гідрохімічного моніторингу та розроблено базу даних із результатами багаторічних спостережень за станом підземних і поверхневих вод на території діяльності Спільного підприємства «Полтавська газонафтова компанія» (Полтавська область) (акти впровадження від 20.02.2017 та 03.07.2018).

Результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес у Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова на кафедрі інженерної екології міст під час викладання дисциплін «Екологічна геологія» для студентів спеціальності 101 – Екологія, «Технології захисту геологічного середовища» для студентів спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища та на кафедрі теплових і газових систем під час викладання дисципліни «Основи екології в нафтогазовій галузі» для студентів спеціальності 185 – Нафтогазова інженерія та технології (акт впровадження від 05.09.2018).

**Особистий внесок здобувача** полягає у формулюванні основних ідей та положень, що становлять наукову новизну дисертаційної роботи, у визначенні та обґрунтуванні мети й завдань дослідження. В основу дисертаційної роботи покладено результати багаторічних науково-дослідних робіт із моніторингу підземних і поверхневих вод, комплексного екологічного моніторингу, оцінки впливу на довкілля на родовищах нафти й газу Полтавської, Харківської, Сумської, Чернігівської, Дніпропетровської областей України колективу ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД», у яких автор брав участь у 2001–2018 роках. Здобувачем особисто проводилися польові дослідження підземних і поверхневих водних об'єктів на родовищах, відбирання проб для лабораторного аналізу, інтерпретація результатів моніторингу, складання звітної документації та картографічного матеріалу, представлення результатів моніторингу на громадських обговореннях. Безпосередньо автором були проведені систематизація, математична обробка та аналіз даних багаторічних гідрохімічних спостережень, обґрунтування

показників моніторингу, узагальнення організаційних і науково-методичних засад здійснення моніторингу.

Вибір теми дисертаційної роботи, постановка завдань дослідження, обговорення одержаних результатів були проведені разом із науковим керівником.

Основні положення, висновки та рекомендації для практичного впровадження на виробництві сформульовано автором особисто. Публікації за темою дисертації підготовлено самостійно та у співавторстві. Зі спільних наукових публікацій у дисертаційній роботі автором використано тільки власні ідеї та отримані результати наукових досліджень. Внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації (Додаток А).

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Основні положення й результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на наукових конференціях і науково-практичних семінарах: науково-практичній конференції «Безпека середовища життєдіяльності людини: екологічні, медичні та економічні аспекти» (м. Ялта, 26–30 вересня 2011 р.); 11th Kovacs Colloquium “Hydrological Sciences and Water Security: Past, Present and Future” (Paris, France, 16–17 June 2014); International Symposium on Isotope Hydrology: Revisiting Foundations and Exploring Frontiers (Vienna, Austria, 11–15 May 2015); XVII–XVIII міжнародній науково-практичній конференції «Современные научные исследования: инновации и опыт» (м. Єкатеринбург, Росія, 04–05 грудня 2015 р.); ГІС-Форумі 2016 (м. Харків, ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 16–18 березня 2016 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Екогеофорум-2017. Актуальні проблеми та інновації» (м. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 22–25 березня 2017 р.); European Geosciences Union General Assembly 2017 (Vienna, Austria, 23–28 April 2017); X міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки» (м. Полтава, ПНТУ ім. Юрія Кондратюка, 6–8 грудня 2017 р.); Science-policy seminar “Instruments of EU environmental policy for Ukraine” (м. Харків, ХНУ ім. В. Н. Каразіна,

20 квітня 2018 р.); Global Symposium on Soil Pollution (Rome, Italy, 2–4 May 2018); VI науково-методичному семінарі «ГІС і заповідні території» (м. Краснокутськ, НПП Слобожанський, 29 червня – 02 липня 2018 р.); XII Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції «Сталий розвиток міст» (м. Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 24 квітня 2019 р.).

Результати досліджень також доповідалися та обговорювалися на науково-практичних галузевих семінарах-нарадах «Охорона праці, екологічна, пожежна та промислова безпека в нафтогазовій галузі України» НАК «Нафтогаз України» в м. Яремче, Івано-Франківська область 05–09 грудня 2016 р. (тема доповіді «Науково-технічні засади моніторингу підземних і поверхневих вод на об'єктах нафтогазової галузі») та 11–15 грудня 2017 р. (теми доповідей «Оцінка впливу на довкілля технологічних процесів гідророзриву пласта», «Особливості представлення екологічної інформації для проведення громадських слухань»).

**Публікації.** Результати дисертаційного дослідження опубліковано в 23 наукових працях, зокрема 11 статей, із яких 7 – у наукових фахових виданнях із переліку МОН України з технічних наук, 1 – у наукових фахових виданнях із переліку МОН України з біологічних наук, 3 – у наукових виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних Scopus і Web of Science; 12 тез доповідей у матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій, із яких 1 індексується БД Scopus і Web of Science.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел, 8 додатків. Загальний обсяг роботи становить 224 сторінки, з яких 159 сторінок основного тексту. Дисертаційна робота містить 35 рисунків, 29 таблиць за текстом, список використаних джерел у кількості 199 найменувань – на 23 сторінках. Додатки розміщені на 23 сторінках.

# РОЗДІЛ 1

## ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МОНІТОРИНГУ ГІДРОСФЕРИ ЯК СКЛАДОВОЇ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ НАФТОГАЗОВИДОБУВНОГО КОМПЛЕКСУ

### 1.1 Характеристика нафтогазовидобувного комплексу України

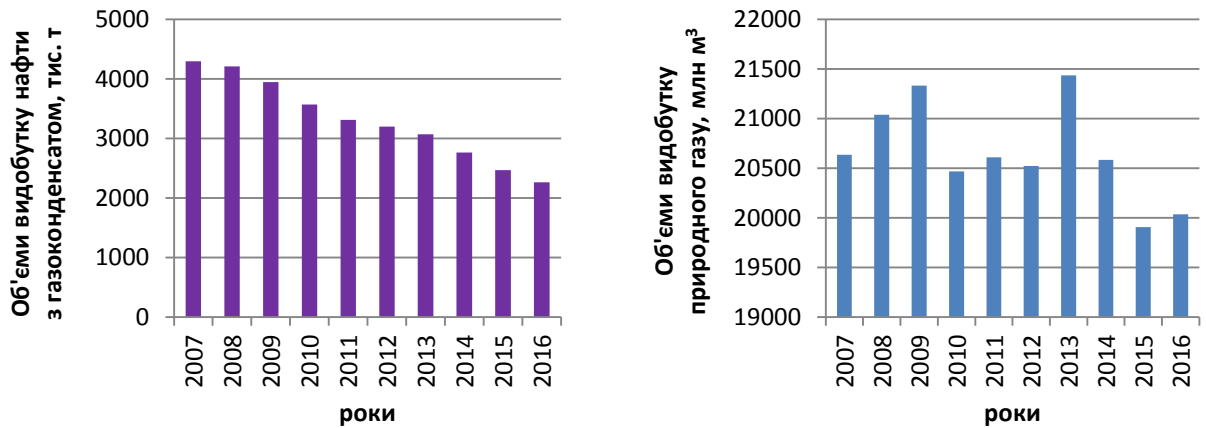
У сучасному світі нафта і газ як паливно-енергетичні ресурси посідають одне з ключових місць в економіці багатьох країн, не дивлячись на прискорений розвиток альтернативних енергії з відновлюваних джерел (вітру, сонця, біоресурсів). Світовими лідерами за розвіданими та експлуатаційними запасами вуглеводнів є США, Норвегія, Росія, країни Близького Сходу та Велика Британія. Світова історія промислового видобутку нафти і газу налічує вже більше двох сотень років, і, хоча лунає багато висловлювань щодо наближення до вичерпання цих ресурсів, ця галузь досі є однією з провідних у промисловій діяльності світового суспільства. Разом з тим, всі розвинуті країни визнають екологічну небезпеку видобування вуглеводневої сировини, яка підтверджується сумними прикладами великих аварій на свердловинах із викидами величезних об'ємів вуглеводнів та солоної пластової води як на суші, так і в морських акваторіях. За викидами парникових газів в атмосферне повітря (метану, діоксиду вуглецю) видобування нафти і газу також посідає перші місця серед інших галузей виробництва.

Безумовно, що нафтогазовидобувні об'єкти, навіть у штатному безаварійному режимі роботи, чинять комплексний вплив на всі компоненти довкілля, починаючи з геологічного середовища та закінчуючи атмосферним повітрям. У таких умовах компоненти гідросфери, включаючи поверхневі водні об'єкти та підземні водоносні горизонти, є одними з найбільш вразливих складових навколишнього середовища, беручи до уваги їхню мобільність та виключну цінність для життєдіяльності людства.

Перед нашою країною, яка за доведеними запасами вуглеводнів посідає третє місце в Європі, поступаючись лише Великій Британії та Норвегії [56], також виникають критично важливі природоохоронні завдання під час провадження нафтогазовидобувної діяльності. В Енергетичній стратегії України на період до 2035 року одним із ключових завдань розвитку нафтогазовидобувної галузі є дотримання високих екологічних норм виробництва, а також розробка і впровадження науково обґрунтованої методології природоохоронних правил та заходів при пошуках, розвідці та розробці родовищ нафти і газу [57].

На території України існує три нафтогазоносних басейни – Східний (Дніпровсько-Донецький), Західний (Карпатський) та Південний (Причорноморський), які налічують майже 400 родовищ нафти і природного газу, більша частина з яких є комплексними – нафтогазовими, газонафтовими, газоконденсатними та нафтогазоконденсатними. Крім того, на ряді родовищ присутні супутні корисні компоненти – нафтові бітуми, гелій та інші. Історія видобування вуглеводневої сировини в Україні почалася в Передкарпатті (Івано-Франківська область) і налічує вже більше 200 років, але пік видобування припадав на 1960-70-ті роки, коли за радянських часів були відкриті великі родовища, особливо у Східному басейні [2].

За останні 10 років динаміка видобутку нафти і природного газу в країні була достатньо нестабільною (рисунок 1.1). Обсяги видобутку нафти і газового конденсату постійно знижуються, що пов'язано із поступовим виснаженням родовищ, а останніми роками ще й з економічною та політичною обстановкою в країні. Щорічні зміни обсягів видобутку природного газу відбуваються більш динамічно, але в цілому також спостерігається тенденція до їхнього зниження.



а

б

Рисунок 1.1 – Динаміка видобутку нафти з газоконденсатом (а) і природного газу (б) в Україні [77]

Не дивлячись на статистику скорочення об'ємів видобутку, останніми роками в Україні поставлені амбітні плани набути незалежності від імпорту природного газу та наростити видобуток власних запасів [57]. Ці виклики зумовлюють подальший розвиток галузі та залишають актуальність природоохоронних питань на високому рівні принаймні на найближчі десятиріччя.

За офіційними даними Державного науково-виробничого підприємства «Державний інформаційний геологічний фонд України» (ДНВП «Геоінформ України»), яке є науково-виробничою установою Державної служби геології та надр України, станом на 2018 рік в країні видано спеціальні дозволи на геологічне вивчення, дослідно-промислову розробку та видобування вуглеводнів на 488 ділянках надр (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Ділянки надр, на які надано спеціальні дозволи на користування нафтогазоносними надрами станом на 2018 р. [66]

Надрокористувачами, які отримали спеціальні дозволи, виступають 135 компаній різних форм власності, з яких 10 є державними, а решта – приватними із національним та іноземним капіталом. Дві найбільші державні компанії – ПАТ «Укргазвидобування» і ПАТ «Укрнафта» – є безумовними лідерами за кількістю отриманих спецдозволів – їм належать відповідно 30,3 % та 16,8 % ліцензійних ділянок від загальної кількості. Серед недержавних компаній за обсягами ліцензійних площ та видобутку лідирують ТОВ «ІСТ ЮРОУП ПЕТРОЛЕУМ» (3,9 % ділянок), ТОВ «ЕНЕРГО-СЕРВІСНА КОМПАНІЯ ЕСКО-ПІВНІЧ» (1,4 %) та Спільне Підприємство Полтавська газонафтова компанія (1,2 %).

У найбільшому з трьох Східному нафтогазоносному басейні станом на початок 2019 року діють спецдозволи на видобування, геологічне вивчення та дослідно-промислову розробку вуглеводнів на 290 ділянках надр [66] загальною площею близько 30000 км<sup>2</sup> на територіях Полтавської, Сумської,



Харківської і, в меншому ступені, Чернігівської, Дніпропетровської, Луганської та Донецької областей. Ще на 67 ділянках загальною площею майже 7500 км<sup>2</sup> дію спеціальних дозволів призупинено або анульовано, але цілком вірогідно, що її може бути поновлено у найближчі роки. Отже, загалом ми маємо 357 ділянок нафтогазоносних надр сумарною площею 37 500 км<sup>2</sup>, яка за величиною відповідає адміністративній площі Харківської області. Додатково окремі 17 ділянок у Луганській та Донецькій області мають затверджені запаси метану вугільних шахт, але ці території не включені до розгляду в нашій роботі.

Найбільша кількість нафтогазових родовищ зосереджена в Полтавській області – 117 з сумарною площею близько 9200 км<sup>2</sup> (32 % від загальної площі області) та Харківській – 107 з сумарною площею більше 14000 км<sup>2</sup> (46 % від загальної площі області) (таблиця 1.1, рисунок 1.3).

Таблиця 1.1 – Кількість та площа ліцензійних ділянок нафтогазоносних надр у Східному НГ басейні (опрацьовано за даними [66])

Область	Кількість ліцензійних ділянок	Загальна площа ліцензійних ділянок у межах області, км <sup>2</sup>	% від площі області
Дніпропетровська	20 (18)	953,1	3,0
Донецька	3 (2)	5175	19,5
Луганська	51 (47)	7459,7	28,0
Полтавська	117 (96)	9207,8	32,0
Сумська	38 (30)	1204,8	5,1
Харківська	107 (84)	14459,5	46,0
Чернігівська	22 (14)	510,6	1,6
<i>Всього</i>	<i>358 (291)</i>	<i>38970,5</i>	<i>19,4</i>

**Примітка.** У дужках наведена кількість ділянок з спецдозволами, дійсними на початок 2019 р.

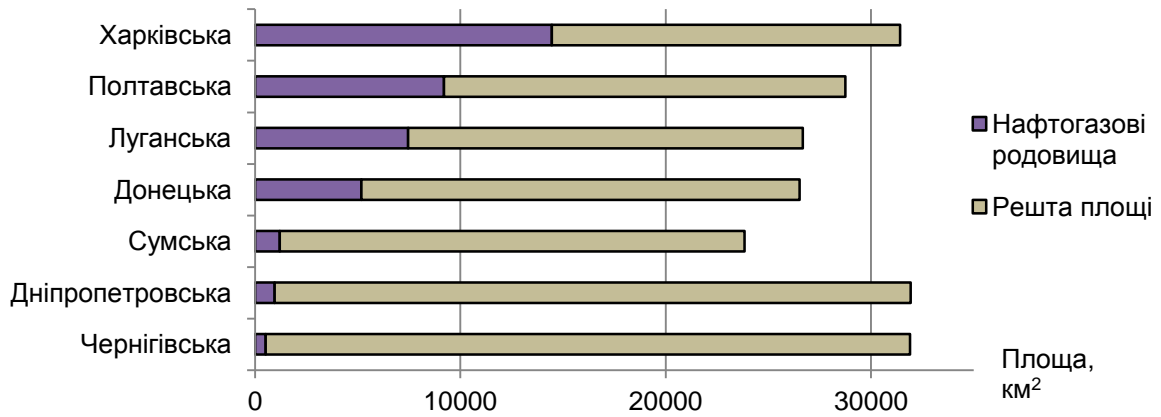


Рисунок 1.3 – Розподіл площі ліцензійних ділянок користування нафтогазоносними надрами Східного басейну за областями (опрацьовано за даними [66])

У наш час велика кількість родовищ перебуває на стадії виснаження, що потребує додаткових капіталовкладень для удосконалення методів вилучення вуглеводневої сировини та підвищує ризик технологічних аварій за рахунок застарілості систем. Тим не менше, завдяки розвитку сучасних технологій розвідки та видобування вуглеводнів (3D-сейсмічні дослідження, похило-спрямоване буріння, інтенсифікація припливу методом гідророзриву пласта), освоєння нових покладів продовжує відбуватися.

## 1.2 Вразливість водних ресурсів на території Східного нафтогазоносного басейну України

Значні розміри площ, на які надані спеціальні дозволи на надрокористування, визначають високі ризики впливу на довкілля і, насамперед, на гідросферу. Підземні і, тим більше, поверхневі води є дуже динамічними компонентами навколишнього природного середовища у часі та просторі. Неглибокі підземні та поверхневі водні потоки здатні поширювати забруднення на значну відстань і за достатньо короткі проміжки часу, що ставить під загрозу як здоров'я населення, так і стан водних екосистем.

Територія Східного нафтогазоносного басейну належить більшою частиною лівобережжю Дніпра та басейну Сіверського Донця і характеризується значними водними ресурсами, як поверхневими, так і підземними. Басейни річок Сула, Хорол, Псел, Ворскла, Оріль, Сіверський Донець, у межах яких розташовані нафтогазові родовища, є головними водними артеріями Східної України, виконують виняткові екосистемні послуги та мають водогосподарську цінність.

Ступінь потенційних загроз системам водопостачання регіону можна попередньо оцінити шляхом визначення кількості населених пунктів, які потрапляють у межі чинних ліцензійних ділянок у Східному басейні. Для даного аналізу у своїх дослідженнях ми використали контури населених пунктів із відкритих джерел геоданих порталу картографічної інформації Openstreetmap [174]. Аналіз показав, що кількість населених пунктів (переважно сільського типу), які повністю або частково потрапляють у межі ліцензійних ділянок, становить переважно до 5 на кожен ділянку (рисунок 1.4). Загальна кількість таких населених пунктів становить 1680. При цьому 39 крупних за площею ділянок містять у своїх межах 10 і більше населених пунктів, а лідером серед інших виступає величезна Юзівська площа, на території якої розташовано 386 населених пунктів.

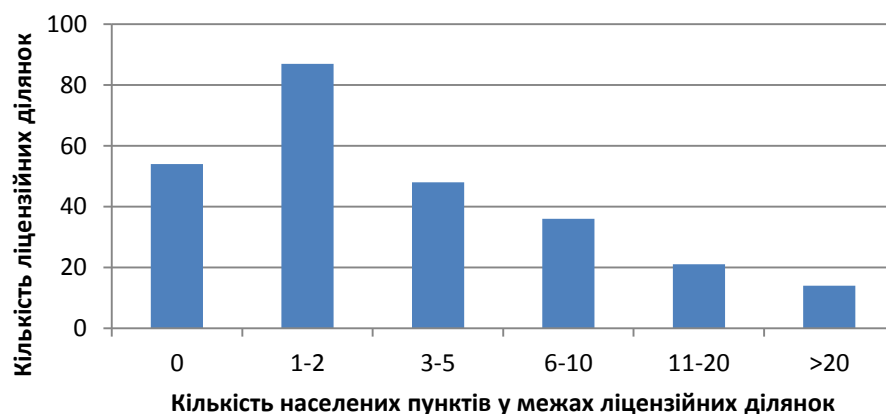


Рисунок 1.4 – Розподіл кількості населених пунктів у межах ліцензійних ділянок Східного басейну

Жоден з інших видів промислової діяльності не охоплює такої великої кількості населення у зоні свого потенційного впливу, окрім, сільськогосподарської, яка, втім, відрізняється значно меншими ризиками забруднення довкілля.

Актуальність охорони підземних вод регіону зумовлена його приналежністю до Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну, який охоплює все лівобережжя Дніпра та частину басейну Сіверського Донця в межах України. Основні водоносні горизонти, які експлуатуються водозабірними свердловинами для господарсько-питного водопостачання, залягають у палеогенових, крейдових та юрських товщах, зосереджених у верхньому гідрогеологічному поверсі в зоні активного водообміну загальною товщиною до 800 м. Важливою особливістю басейну є значна латеральна поширеність водоносних горизонтів – від відрогів Воронежського кристалічного масиву на північно-східній границі України, де відбувається їхнє живлення, до долини Дніпра, де вони розвантажуються [14].

Згідно експертних оцінок Яковлева В. В. [139] на північному сході України лише в альб-сеноманському та верхньоюрському водоносних комплексах зосереджено понад 735 км<sup>3</sup> прісних вод високої питної якості, які слід вважати стратегічним ресурсом країни. Водозабори на ці горизонти споруджені у містах та на великих підприємствах регіону. Водозабезпечення обласних центрів – м. Чернігів (населення 290 тис. осіб), м. Полтава (290 тис. осіб) і м. Суми (268 тис. осіб) повністю засноване на експлуатації глибоких артезіанських горизонтів у палеогенових та крейдових покладах [79].

Регіон характеризується значними прогностичними ресурсами та експлуатаційними запасами підземних вод. Серед чотирьох областей найбільшими запасами підземних вод та найбільшим ступенем їхнього використання володіють Чернігівська та Полтавська області (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Забезпеченість та використання підземних вод у Східному регіоні, млн. м<sup>3</sup> на рік [29–32]

Область	Прогнозні ресурси підземних вод	Затверджені експлуатаційні запаси підземних вод	Використання підземних вод
Чернігівська	3038,0	188,0	43,9
Сумська	1252,7	210,0	33,6
Полтавська	1477,0	294,5	76,5
Харківська	1414,3	377,6	15,5

Саме у Полтавській та Харківській областях, які вирізняються найбільшою величиною затверджених запасів вод для питних та господарських цілей, зосереджена найбільша кількість ліцензійних ділянок на видобування нафти і газу.

Найбільші величини середньобогаторічних ресурсів і забезпеченості річковим стоком на території досліджень характерні для Полтавської та Чернігівської області, як за місцевими, так і сумарними показниками (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Водні ресурси та водозабезпеченість території річковим стоком [79]

Область	Площа, тис. км <sup>2</sup>	Середньобогаторічні ресурси, км <sup>3</sup> /рік річкового стоку		Забезпеченість середньобогаторічним річковим стоком, тис. м <sup>3</sup> /рік			
				на 1 км <sup>2</sup>		на 1 особу	
		місцеві	сумарні	місцеві	сумарні	місцеві	сумарні
Полтавська	28,8	1,94	51,5	67,4	1788,2	1,35	35,79
Сумська	23,8	2,45	5,79	102,9	243,3	2,20	5,20
Харківська	31,4	1,66	3,41	52,9	108,6	0,61	1,25
Чернігівська	31,9	3,45	29,57	108,2	927,0	3,30	28,23

Поверхневі водні об'єкти регіону виконують екосистемоутворюючу функцію, виступаючи не тільки осередками біорізноманіття, але й основними екокоридорами міграції та розповсюдження рослин і тварин. Особливу цінність являють об'єкти природно-заповідного фонду. На території Чернігівської, Сумської, Полтавської та Харківської областей станом на 01.01.2018 створено 1563 об'єктів ПЗФ загальної фактичною площею

6988,56 км<sup>2</sup>, що становить 6 % від сумарної площі чотирьох областей. Показник заповідності для всієї території України є близьким до цього значення – 6,6 % [27]. Найбільшими значеннями кількості об'єктів та територій ПЗФ, їхньої площі і показника заповідності із даних областей володіє Чернігівська, а найменшими – Харківська (таблиця 1.4).

Неабияку частку в загальному ПЗФ займають території, на яких охороняються водні об'єкти – річки, струмки, озера, водно-болотні угіддя, плавні, заплави та джерела підземних вод. Перш за все це гідрологічні заказники та гідрологічні пам'ятки природи. Гідрологічні заказники як правило включають природний комплекс водних екосистем у максимально повному складі (наприклад, річка із заплавою, струмок із заболоченою ділянкою, з якої він бере початок тощо) [12].

Таблиця 1.4 – Показники природно-заповідного фонду в межах Чернігівської, Сумської, Полтавської та Харківської областей

Область	Всі об'єкти ПЗФ		Об'єкти ПЗФ, що входять до складу інших об'єктів ПЗФ		Фактична площа ПЗФ, км <sup>2</sup>	% факт. площі ПЗФ від заг. площі області
	К-сть	Площа, км <sup>2</sup>	К-сть	Площа, км <sup>2</sup>		
Полтавська	387	1648,94	48	224,47	1424,47	4,95
Сумська	269	1881,73	36	113,59	1767,00	7,4
Харківська	243	849,95	11	105,58	741,51	2,36
Чернігівська	664	2607,94	56	114,29	2492,90	7,81

Гідрологічні пам'ятки природи зазвичай представлені окремими водними об'єктами особливо цінного значення, наприклад озерами або джерелами (природними виходами підземних вод на поверхню землі).

На території досліджуваних областей розташовано 455 гідрологічних заказників та пам'яток природи загальною площею 978,85 км<sup>2</sup>, в яких охороняються водні екосистеми, а також режим природних вод (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5 – Загальна кількість та площа гідрологічних об'єктів ПЗФ на досліджуваній території

Область	Гідрологічні заказники				Гідрологічні пам'ятки природи				% від заг. площі області
	місцевого значення		загальнодерж. значення		місцевого значення		загальнодерж. значення		
	кількість	площа, га	кількість	площа, га	кількість	площа, га	кількість	площа, га	
Полтавська	52	9505,8	7	6543	3	2,4	–	–	0,56
Сумська	28	9494,2	8	11366,4	38	87,7	1	7	0,88
Харківська	17	1811,6	–	–	4	14,4	–	–	0,06
Чернігівська	262	55955,5	4	2556	25	344	6	197	1,85
Всього	359	76767,1	4	2556	70	448,5	6	197	0,84

Особливо значною кількістю гідрологічних об'єктів ПЗФ вирізняється Чернігівська область, завдяки своїм фізико-географічним та ландшафтним умовам, а саме, приуроченості до зволоженої зони мішаних лісів та лісостепу. Загальна кількість гідрологічних заказників і пам'яток природи Чернігівської області (287) вдвічі перевищує кількість таких об'єктів у трьох інших областях, що досліджуються. Частка гідрологічних об'єктів у загальній площі областей закономірно знижується у напрямку зростання посушливості кліматичних умов від Чернігівської області (1,85 %) до Харківської (0,06 %), яка розташована вже більшою частиною у зоні степу.

Заповідний режим водних об'єктів встановлюється не лише на території гідрологічних заказників і пам'яток природи, але й на об'єктах ПЗФ комплексного характеру – природні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заповідні урочища та окремі комплексні пам'ятки природи, які призначені для охорони всіх елементів ландшафту на певній ділянці й у більшості випадків включають у себе водні екосистеми. Особливо це стосується великих загальноландшафтних об'єктів ПЗФ – природних заповідників (ПЗ), національних природних парків (НПП), регіональних ландшафтних парків (РЛП), і меншому ступені – заповідних урочищ (ЗУ). У межах досліджуваних областей розташовано 162 таких об'єкти, а їхня площа охоплює 4130 км<sup>2</sup> або 3,68 % від загальної площі областей (таблиця 1.6).

Таблиця 1.6 – Загальна кількість та площа комплексних об'єктів ПЗФ на досліджуваній території

Область	ПЗ		НПП		РЛП		ЗУ		Частка від заг. площі області, %
	n	S	n	S	n	S	n	S	
Полтавська	–	–	2	227,9	5	530,6	48	71,2	2,89
Сумська	1	8,8	2	395,8	1	988,6	26	3,7	5,86
Харківська	–	–	3	226,9	7	205,4	9	25,4	1,46
Чернігівська	–	–	3	419,9	3	850,5	52	175,5	4,53
Всього	1	8,8	10	1270,5	16	2575,1	135	275,8	3,68

**Примітка.** n – кількість об'єктів, шт., S – площа об'єктів, га

Такі великі за площею об'єкти ПЗФ, як природні заповідники, національні природні парки та регіональні ландшафтні парки неминуче потрапляють у зону можливого впливу від нафтогазовидобувної діяльності, враховуючи щільність ліцензійних ділянок у Східному нафтогазоносному басейні. Одним з найбільш наочних прикладів є Гетьманський національний природний парк, який охоплює всю ділянку річки Ворскла у межах Сумської області довжиною 122 км, куди включена акваторія річки, її заплава, місцями надзаплавні тераси та правий корінний берег ріки. Враховуючи, що у водозбірній області Ворскли розташовані такі великі нафтогазопромислові вузли з багаторічною видобувною історією, як Качанівський, Бугруватівсько-Рибальський, а територія Гетьманського НПП виступає кінцевим акумулятором поверхневого і підземного стоку у всьому регіоні, загроза негативних впливів на заповідні екосистеми є очевидною.

Окрім заповідного статусу, присвоєного державою, значна кількість водних об'єктів досліджуваної території має високу природоохоронну цінність за міжнародними критеріями – зникаючі природні середовища за Бернською конвенцією, цінні водно-болотні угіддя за Рамсарською конвенцією, Пан-Європейська Смарагдова мережа територій особливого природоохоронного значення. Виконання вимог міжнародних конвенцій до збереження біорізноманіття водних об'єктів входить до зобов'язань, узятих Україною на себе в рамках Асоціації з Європейським Союзом [129]. Землі водного фонду виступають однією з найбільш важливих категорій земель,



перспективних для заповідання, особливо якщо вони представлені природними територіями та формують річководолинні екологічні коридори, які характеризуються підвищеним біорізноманіттям [12].

### **1.3 Сучасний стан досліджень впливу нафтогазовидобувного комплексу на підземні та поверхневі води**

Нафтогазовидобувна діяльність у світі розглядається як один із найбільш потужних екологічно небезпечних факторів впливу на довкілля. Вплив на стан підземних і поверхневих вод від нафтогазових об'єктів є предметом досліджень багатьох вчених у країнах із розвинутою нафтогазовидобувною галуззю – США, Канада, Мексика, Ірак, Велика Британія, Польща, Росія, й серед інших і Україна.

Аналіз наукових публікацій у міжнародних наукометричних базах (Scopus, Web of Science) свідчить, що увага науковців до проблем впливу на довкілля від видобування вуглеводнів на суші невинно зростає. За оцінками американських спеціалістів серед найбільших загроз довкіллю виступають міграція природного газу через товщі гірських порід на поверхню землі, просідання території, викиди парникових газів (діоксиду вуглецю та метану), забруднення водних об'єктів внаслідок аварійних витоків СПВ, буріння свердловин і операцій гідророзриву пласта [156, 180].

Проблеми, пов'язані з потраплянням до водних об'єктів солоних пластових вод із мінералізацією до  $240 \text{ г/дм}^3$  і високими концентраціями токсичних металів, виникають в багатьох крупних нафтогазоносних басейнах світу [184, 198]. Наприклад, на нафтових родовищах Канзасу (США) майже з початку 1900-х років фіксувалося постійне забруднення поверхневих і підземних вод компонентами пластових вод ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ), які утилізувалися шляхом розміщення у поверхневих ставках-накопичувачах [195]. Автори досліджень показують, що на ділянках, які підстилаються слабопроникними породами (сланцями, незакарстованими вапняками) пластові води

вимивалися з поверхневим стоком, забруднювали водотоки (концентрація  $\text{Cl}^-$  – 1000–2500 мг/л), і тільки за 20–30 років концентрації хлоридів поверталися до фонових значень ( $\text{Cl}^-$  до 100 мг/л). На ділянках із добре проникними породами (піски, гравій) спостерігалось засолення ґрунтових вод ( $\text{Cl}^-$  до 30 000 мг/л), час самоочищення яких оцінюється вже порядком 100 років. Промивання більш глибоких горизонтів, куди солоні води мігрують внаслідок своєї підвищеної щільності, може сягати декілька століть. Для того, щоб розрізнити джерела надходження хлоридів до водних об'єктів, автор доводить доцільність використання співвідношення  $\text{Br}^-/\text{Cl}^-$ , яке є підвищеним для вод, забруднених пластовими водами, і низьким у разі надходження з інших джерел (скидання муніципальних стоків після обробки води у пом'якшувальних установках, розчинення природного галіту із соленосних відкладів, дорожня сольова суміш).

Інша команда дослідників із Техасу (США) за допомогою просторового аналізу визначила, що помітно підвищені концентрації хлоридів і бромидів у підземних водах достовірно корелюють із наближеністю водозабірних свердловин до поглинальних і заглушених свердловин, через які пластові води закачувалися у надра [166].

У наукових дослідженнях доведено існування помірного зв'язку видобування нафти і газу з ефектами впливу на здоров'я населення, зокрема зниження репродуктивних функцій людини, пов'язане з надходженням забруднювальних речовин, що впливають на ендокринну систему [145].

Цікавими та перспективними є методи використання більш «тонких» індикаторів впливу нафтогазовидобування на природні води – стабільних ізотопів вуглецю, радію та інших елементів. У роботі дослідників із Оклахоми (США) показано, що підземні води, забруднені компонентами СПВ (хлоридами), характеризуються зменшенням вмісту ізотопу вуглецю  $^{13}\text{C}$  у порівнянні з незабрудненими водами, завдяки інтенсифікації випадіння карбонату кальцію  $\text{CaCO}_3$  з розчину [144].

Особливу увагу останніми роками науковці приділяють дослідженням впливу видобування нетрадиційних вуглеводнів (переважно сланцевого газу), з фокусом на можливих наслідках операцій гідравлічного розриву пласта (ГРП) або фрекінгу. Багато наукових праць, особливо у США, присвячено спробам з'ясувати склад зворотних вод після проведення ГРП і виділити в ньому частку пластових вод у суміші з технологічними рідинами ГРП. Це досягається шляхом вимірювання як традиційних гідрохімічних показників, так і вмісту органічних речовин-реагентів рідин ГРП та вивчення ізотопного складу зворотних вод [164, 169, 185].

Загальні основи вивчення екологічної безпеки нафтогазовидобувних територій нашого регіону були закладені ще за радянських часів такими фахівцями, як Солнцева Н. П., Кесельман Г. С. та іншими [67, 112]. У пострадянські часи процеси впливу нафтогазового комплексу на довкілля активно продовжили вивчатися російськими фахівцями на об'єктах великих нафтогазоносних басейнів Сибіру, Арктики, Середньої Азії [138].

В Україні, починаючи з 1990-х років, розвиток екологічного законодавства та зростання актуальності природоохоронних питань зумовив зростання уваги вітчизняних вчених до проблем забруднення гідросфери від процесів нафтогазовидобування. У Західному нафтогазоносному басейні провідними дослідниками цих проблем виступають Адаменко О. М., Адаменко Я. О., Рудько Г. І., Семчук Я. М., Архіпова Л. М., Депутат Б. Ю., Пукіш А. В., Сабан В. З., Дригулич П. Г. та інші фахівці [22, 33, 81, 82, 108, 111, 123, 141]. У Карпатському регіоні сформувалась потужна наукова школа, що вивчає проблеми екологічної безпеки нафтогазового комплексу на території Західного басейну [54].

Східний нафтогазовидобувний регіон у межах Дніпровсько-Донецької западини, не дивлячись на його значно більші масштаби за площею та запасами вуглеводнів, представлений у публікаціях помітно менше. Тут варто відзначити роботи Васильєва О. М., Журавля М. Ю., Ключка П. В., Крайнюкова О. М., Суярка В. Г., Дригулича П. Г., Пукіша А. В. [6, 7, 21, 72,

74, 120]. Специфічні проблеми довгострокового забруднення навколишнього середовища та формування критичних екосистем досліджувалися на ділянках аварійних свердловин на окремих родовищах басейну [50, 60].

Проведення моніторингу геологічного середовища та еколого-геологічних досліджень включені до пріоритетних напрямків розвитку гірничодобувної сфери в Україні до 2030 р. [96]. Концептуальні розробки організації та проведення моніторингу геологічного середовища в Україні належать Адаменко О. М., Рудько Г. І. [1, 104, 106]. Питання оцінки екологічної безпеки видобування нетрадиційних вуглеводнів також набуло розвитку в нашій країні, завдяки розвіданим запасам сланцевого газу та газу ущільнених пісковиків в Західному і Східному басейнах [105].

#### **1.4 Аналіз нормативно-правової та методичної бази проведення моніторингу вод на об'єктах нафтогазовидобування**

##### 1.4.1 Огляд чинної нормативно-правової бази в сфері охорони вод

Згідно відповідної Постанови Кабміну України [97] всі об'єкти та види діяльності з видобування та переробляння корисних копалин становлять підвищену екологічну небезпеку. Чинним законодавством на нафтогазовидобувні підприємства, як надрокористувачів, накладаються обов'язки по забезпеченню екологічної безпеки своєї діяльності та недопущенню негативного впливу на довкілля, у тому числі на водне середовище.

Всю сукупність чинних в Україні нормативних документів та законодавчих актів, що так чи інакше стосуються охорони водних ресурсів під час нафтогазовидобувної діяльності, можна умовно розділити на такі групи [52]:

- 1) документи загального характеру, які в принципі декларують необхідність проведення природоохоронної діяльності для всіх підприємств,

організацій та установ, а також для підприємств-надрокористувачів усіх типів;

2) документи, що регламентують охорону окремо гідросфери та її компонентів;

3) галузеві стандарти та керівні документи, які встановлюють природоохоронні вимоги до певних технологічних процесів нафтогазовидобування, наприклад, буріння свердловин, на рівні галузі або підприємства (таблиця 1.7).

Документи першої групи містять узагальнені твердження про необхідність збереження довкілля та дотримання природоохоронних вимог під час провадження господарської діяльності і, зокрема, видобування вуглеводневої сировини. Крім того, в окремих документах із цього переліку встановлюється відповідальність суб'єктів господарювання за порушення природоохоронних вимог.

Таблиця 1.7 – Нормативні документи, що регламентують охорону підземних і поверхневих вод на об'єктах нафтогазової галузі

Група 1 – Загальні	Група 2 – Охорона гідросфери та якість вод	Група 3 – Галузеві стандарти
1) ЗУ «Про охорону навколишнього природного середовища» [100] 2) ЗУ «Про нафту і газ» [98] 3) Кодекс України про надра [69] 4) ЗУ «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» [95] 5) ЗУ «Про оцінку впливу на довкілля» [101]	1) Водний Кодекс України [13] 2) Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» [102] 3) ДержСанПіН 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [25] 4) СанПіН 4630-88 «Охрана поверхностных вод от загрязнения» [107]	1) Правила розробки нафтових і газових родовищ [89] 2) КНД 41-00032626-00-335-2000 Визначення забруднення вод в районі бурової площадки [68] 3) СОУ 73.1-41-11.00.01:2005 Природоохоронні заходи під час спорудження свердловин на нафту і газ [116] 4) СОУ 60.3-30019801-009:2004. Регламент повернення супутніх пластових вод у надра [115]

Так, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» встановлює, що обов'язком будь-яких підприємств, установ,

організацій є здійснювати технічні та інші заходи для запобігання шкідливому впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище (ст. 10), що використання природних ресурсів підприємствами здійснюється із обов'язковим запобіганням псуванню, забрудненню, виснаженню природних ресурсів, негативному впливу на стан навколишнього природного середовища, а також із збереженням територій та об'єктів природно-заповідного фонду (ст. 40), регламентує відповідальність підприємств за порушення законодавства про охорону довкілля (ст. 9, 20, 68) [100]. Важливим є той факт, що прямих зобов'язань для підприємств проводити дослідження стану довкілля у зоні своєї діяльності у Законі не встановлюється, але згідно ст. 22 даного Закону в рамках державного моніторингу довкілля визначається можливість проведення спостережень за станом довкілля і рівнем його забруднення у тому числі підприємствами, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля. Тим не менше, порядок залучення таких підприємств до державного моніторингу довкілля у даному Законі та Положенні про державний моніторинг довкілля не встановлено [86].

Кодекс України про надра також зобов'язує надрокористувачів забезпечувати охорону надр та безпеку навколишнього середовища (ст. 24) та регламентує припинення надрокористування у разі негативного впливу на довкілля (ст. 26) [69].

Загальні формулювання доповнює також Закон України про нафту і газ, в якому серед інших встановлюються обов'язки надрокористувача вести раціональне комплексне використання і охорону нафтогазоносних надр (ст. 20), додержуватися вимог законодавства про охорону довкілля, нести відповідальність за його порушення і здійснювати технічні, організаційні заходи, спрямовані на зменшення шкідливого впливу на нього (ст. 45), встановлювати охоронні та санітарно-захисні зони для забезпечення безпеки населення, що проживає в районі розташування об'єктів нафтогазової галузі (ст. 47). У разі порушення вимог законодавства щодо охорони довкілля і

раціонального використання нафтогазоносних надр у Законі регламентоване зупинення дії спеціального дозволу на користування нафтогазоносними надрами (ст. 26) [98].

Підсумовуючи, можна сказати, що формулювання у вищезгаданих документах носять загальний характер і не містять конкретних вказівок нафтогазовидобувному підприємству досліджувати стан водних об'єктів у зоні свого можливого впливу, не розставляють пріоритетів в охороні окремих компонентів довкілля та, взагалі, у більшості випадків можуть трактуватися достатньо вільно.

#### 1.4.2 Аналіз нормативно-правових основ моніторингу вод

Поняття моніторингу довкілля (англ. – *environmental monitoring*) вже кілька десятиріч обґрунтовано посідає своє місце у сфері природоохоронної діяльності та екологічної безпеки у всьому світі. Загальноприйнятим визначенням моніторингу довкілля є таке: аналітично-інформаційна система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки [86].

У нормативно-правовій базі України поняття моніторингу закріплене достатньо чітко. Стаття 1 Водного Кодексу України визначає, що моніторинг вод є системою спостережень, збирання, обробки, збереження та аналізу інформації про стан водних об'єктів, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття відповідних рішень [13]. Таке ж за змістом визначення подано й у Законі України про питну воду та питне водопостачання в ст. 39 [102].

У ДСТУ 3041-95, який устанавлює терміни та визначення основних понять у галузі використання та охорони води, поняття моніторингу вод значно звужене: «Моніторинг вод – спостереження за станом природної води

та його оцінка» [34]. У будь-якому випадку моніторинг вод передбачає складну й багатоетапну систему роботи з інформацією щодо стану поверхневих і підземних водних об'єктів, яка потребує проведення польових та камеральних досліджень із використанням сучасних інформаційних технологій.

У ДСТУ 6107-2004, який містить словник термінів, використовуваних для характеристики якості води в різних видах діяльності, визначення моніторингу подано достатньо специфічно, оскільки є перекладом з англійської: «Запрограмований процес відбирання проб, вимірювання та подальшого записування або передавання інформації, або і того, і іншого щодо різних характеристик стану водного об'єкта, часто, щоб оцінити відповідність їх встановленим цілям» [44]. До того ж, сам термін українською перекладено як «відстеження». В англійській версії цього стандарту, яка є вихідною, це визначення подано як термін «monitoring». Варто відзначити, що для наукової, навчально-методичної та публіцистичної літератури терміни цього ДСТУ є рекомендованими, а не обов'язковими.

Моніторинг є головним інструментом для якісного управління навколишнім природним середовищем та основним елементом міжнародних стандартів серії ISO 14000. Низка директив ЄС передбачають реалізацію програм моніторингу довкілля, регламентують структуру і порядок надання даних моніторингу, намагаються уніфікувати методи спостережень та форму представлення їхніх результатів для спільного використання у міжнародному суспільстві [64]. Зокрема, Водна Директива ЄС в ст. 8 зобов'язує держави проводити моніторинг стану поверхневих водних об'єктів, підземних вод і природних територій, що охороняються, у межах кожного річкового басейну [94, 152].

З погляду науковців моніторинг довкілля можна розглядати як аналітично-інформаційну систему, яка охоплює такі основні напрями: 1) спостереження за станом довкілля і за факторами, які впливають на окремі елементи довкілля; 2) оцінювання та аналіз фактичного стану всіх складових



довкілля; 3) прогнозування стану довкілля і оцінювання цього стану; 4) інженерно-технічні рішення, рекомендовані за результатами моніторингу; 5) забезпечення науково-інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень [136]. Система моніторингу довкілля має накопичувати, систематизувати та аналізувати інформацію щодо 1) стану довкілля та його змін; 2) причин змін, які спостерігаються або можуть виникати (тобто щодо джерел і факторів впливу); 3) допустимості навантаження на довкілля та його окремі компоненти, та, в цілому, виступати науковою платформою захисту довкілля від забруднення нафтогазовою промисловістю [19, 136].

Залежно від масштабу, ступеню деталізації та об'ємів досліджень розрізняють моніторинг за рівнями – державний (національний), регіональний та локальний. Спостереження за станом гідросфери у межах впливу нафтогазовидобувного підприємства відповідають у переважній більшості випадків локальному рівню моніторингу.

Основними документами, що регламентують проведення моніторингу як системи регулярних спостережень за станом довкілля в Україні є Положення про державний моніторинг довкілля [86] та Порядок здійснення державного моніторингу вод [88]. Згідно цих документів здійснення державного моніторингу є компетенцією спеціальних уповноважених державних органів, як то: відповідних профільних Міністерств, органів санітарної служби, Державної служби надзвичайних ситуацій, Держгеонадра, Держлісагентства, Держводагентства та інших. Ділянки моніторингу та місця розташування пунктів спостережень за станом водних об'єктів та інших компонентів довкілля визначаються відповідно цими органами і в першу чергу стосуються об'єктів важливого природоохоронного або соціально-економічного значення. При цьому у Положеннях встановлено, що моніторинг довкілля може здійснюватися, окрім державного, також на рівні регіональному і локальному, але умов реалізації цих видів моніторингу не прописано. У пункті 10 Положення зобов'язують підприємства, установи і організації незалежно від їх підпорядкування і форм власності, діяльність

яких призводить чи може призвести до погіршення стану довкілля здійснювати екологічний контроль за виробничими процесами та станом промислових зон, збирати, зберігати та безоплатно надавати дані і/або узагальнену інформацію для її комплексного оброблення [86]. Таким чином, передбачається, що екологічно небезпечні підприємства (до яких належать і нафтогазовидобувні) мають робити свій внесок у загальну систему державного моніторингу, але порядок залучення підприємств до цієї системи чітко не встановлений і на практиці не здійснюється.

Ще одним керівним документом, який регулював проведення державного моніторингу вод, виступало Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод [59], який втратив чинність у 2017 році разом із низкою інших, як такі, що втратили актуальність та встановлюють регуляторні бар'єри. У цьому документі встановлювався розподіл функцій між суб'єктами державного моніторингу вод, вимоги до лабораторій, положення щодо організації та здійснення спостережень за станом поверхневих водних об'єктів і підземних вод, настанови щодо вимірювань рівнів води та фізико-хімічних показників, настанови щодо відбирання проб.

Важливим моментом у керівництві було положення у п. 3.2.3, що локальна мережа спостережень має споруджуватися у місцях поверхневих сховищ промислових, сільськогосподарських та побутових стоків та відходів (шламонакопичувачів, відстійників, басейнів-випарювачів, золівдвалів тощо), а також в районах підземних сховищ нафти, нафтопродуктів та скраплених газів. Крім того, у п. 3.2.4 встановлювалося, що лабораторний контроль якості підземних вод здійснюється підприємством, що забруднює підземні води. Ці положення, хоча і опосередковано, створювали умови проведення локального моніторингу і залучення підприємств до системи державного моніторингу вод, але, із скасуванням цього документу, це втратило чинність.

Фактично прямі зобов'язання проводити систематичні дослідження за станом вод на локальному рівні встановлено лише у Водному кодексі України [13], в якому ст. 105 зобов'язує підприємства, установи і організації, діяльність яких може негативно впливати на стан підземних вод, особливо ті, які експлуатують накопичувачі промислових, побутових і сільськогосподарських стоків чи відходів, обладнувати локальні мережі спостережних свердловин для контролю за якісним станом цих вод. Щоправда, необхідність створення мережі моніторингу поверхневих вод при цьому залишається поза увагою у положеннях кодексу.

Прийнятий у 2017 році Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» також зобов'язує суб'єкти господарювання за необхідності проводити післяпроектний моніторинг планованої діяльності, регламент якого має встановлювати уповноважений орган (Департамент екології обласної адміністрації або Міністерство екології та природних ресурсів України) [101]. Проте, критерії необхідності проведення такого моніторингу, регламент, склад і ступінь деталізації моніторингових досліджень, досі законодавчо не встановлено.

У 2017 році в оновлених Правилах розробки нафтових і газових родовищ України з'явилися більш конкретні твердження щодо здійснення моніторингу в нафтогазовидобувній діяльності. У п. 58 розділу XVIII Правил зазначено, що заходи з охорони навколишнього природного середовища під час влаштування, пробної експлуатації свердловин, дослідно-промислової та промислової розробки родовищ нафти і газу мають включати екологічний моніторинг усього процесу розробки родовищ нафти і газу [89]. Це накладає на підприємство вже конкретні зобов'язання запроваджувати систему постійних спостережень за станом довкілля, що по суті й є моніторингом. Крім того, у п. 49 розділу XVIII Правил встановлено, що заходи з охорони навколишнього природного середовища під час буріння мають включати створення мережі контрольних пунктів для спостереження за складом поверхневих і підземних вод.

Одним із ключових галузевих стандартів був прийнятий ще за радянських часів ГОСТ 17.1.3.12-86 «Общие правила охраны вод от загрязнения при бурении и добыче нефти и газа на суше» [20], який втратив чинність на території України з 01.01.2018 р. У цьому стандарті були достатньо обґрунтовано, хоча і обмежено, складені правила контролю якості підземних і поверхневих вод та наведена спрощена методика розрахунку кількості спостережних свердловин. Після втрати чинності цей стандарт не був замінений відповідним національним стандартом України.

Великими державними компаніями нафтогазової галузі, діяльність яких розповсюджується на всю територію України, було прийнято декілька галузевих стандартів, які також стосуються охорони вод під час здійснення певних технологічних процесів – споруджування нафтогазових свердловин [116], закачування СПВ у надра [115, 117], гідророзриву пласта [113], визначення забруднення вод в районі бурового майданчику [68].

Дані галузеві стандарти містять обмежені вказівки щодо лише деяких аспектів організації спостережень за якістю вод на території здійснення технологічних процесів. Так, СОУ 73.1–41–11.00.01:2005 у рамках природоохоронних вимог до проектування і спорудження нафтових і газових свердловин (п. 7.4.3, додаток Д.1.2) передбачає створення мережі спостережних свердловин на першій від поверхні водоносний горизонт в окремих випадках (при споруджуванні нафтогазових свердловин на природоохоронних, рекреаційних територіях, прибережних зонах річок і водоймищ, а також при термінах буріння більше 3 років) [116]. Таким чином, для переважної більшості бурових свердловин ці вимоги вже не діють, оскільки вони розташовані переважно на агроландшафтах, і це є суттєвим недоліком документу. Перелік показників, рекомендований у документі для визначення є дуже обмеженим (рН, хімічне споживання кисню та мінералізація), хоча періодичність відбирання проб встановлена доцільною – не рідше 1 разу на квартал.

У СОУ 60.3–30019801–009:2004 в рамках організації контролю за процесом повернення СПВ у надра (розділ 9) передбачається відбір контрольних проб із водозабірних свердловин, водоймищ, колодязів, розташованих в межах СЗЗ поглинальної свердловини, із визначенням хімічного складу – раз на місяць [115]. Але деталізації щодо регламенту відбору та досліджень за станом вод у документі не наведено.

Більшій уваги цьому питанню приділено в СОУ 90.0–30019775–041:2005 [117]. Згідно цього документу, технологія закачування СПВ у надра передбачає повний контроль витоків СПВ у напірному гідравлічному каналі стовбуру свердловини, тому в штатному режимі експлуатації спостереження за станом підземних і поверхневих вод прилеглої території не передбачається. Згідно п. 5.12.2.12 даного СОУ моніторинг за складом підземних вод водоносних горизонтів та поверхневих вод у межах СЗЗ проводиться у випадку поєднання складних геологічних та гідрогеологічних умов, а саме: 1) поглинальний горизонт знаходиться на глибині < 500 м; 2) потужність верхнього екрануючого горизонту менше 50 м а буферний горизонт відсутній; 3) на ділянці надр, що пропонується для підземного захоронення вод, є тектонічні порушення. В окремих випадках (без уточнення в яких), зона спостереження може охоплювати території житлової забудови. Періодичність проведення спостережень визначається не рідше, ніж двічі на рік із посиланням на вже недійсний ГОСТ [20]. Доцільною є вимога визначення фонових показників природних вод до початку експлуатації систем захоронення СПВ у надрах. У п. 5.14.15 даного СОУ, дещо неузгоджено з попередніми положеннями, встановлюється, що в спостережних свердловинах, які контролюють верхні водоносні горизонти (включаючи свердловини найближчих водовідборів), повинні проводитися щоквартальні вимірювання статичного рівня води та виконання хімічних аналізів. З такою ж періодичністю встановлена вимога проводити відбір проб вод у фіксованих пунктах поверхневих водних об'єктів із наступним виконанням хімічних аналізів. Вимоги або рекомендації щодо вибору місць

розташування пунктів спостережень та їхньої кількості, відомості щодо показників-індикаторів забруднення природних вод компонентами СПВ у вищезгаданих документах відсутні.

Згідно СОУ 09.1–30019775–235:2014 під час проведення такої екологічно небезпечної операції як гідророзрив пласта взагалі не передбачені вимоги до контролю якості підземних і поверхневих вод на ділянці свердловини та на прилеглий території. Вимоги до охорони довкілля у документі обмежені лише недопущенням розсипання і розливання хімічних реагентів на майданчику, забороні скиду технологічних розчинів у водойми і проведенням рекультивації порушеного ґрунтового покриву [113].

Ключовою особливістю проаналізованих вище галузевих стандартів є обов'язковість виконання їхніх вимог лише суб'єктами, підпорядкованими підприємствам, що їх розробили (наприклад, ПАТ «Укрнафта», ПАТ «Укргазвидобування»). Більше двох десятків приватних нафтогазовидобувних компаній, які працюють на території України, не мають відповідних зобов'язань і не повинні дотримуватися вимог цих галузевих стандартів.

#### 1.4.3 Методичне забезпечення моніторингу вод

Методичне забезпечення проведення моніторингу вод, яке включає розробку програм моніторингу, визначення пунктів спостережень, відбирання проб, вимірювання показників і лабораторний аналіз, має різний ступінь проробленості.

Наприклад, процедури відбирання проб води з поверхневих та підземних водних об'єктів мають достатній рівень нормативно-методичного забезпечення як в українських, так і зарубіжних документах. Серія оновлених стандартів України ДСТУ ISO 5667 (таблиця 1.8), які є перекладом міжнародних стандартів ISO, містять змістовні настанови щодо відбирання проб природних і забруднених вод.

У цій серії стандартів достатньо детально розроблені вимоги та рекомендації щодо устаткування для відбирання проб, процедури відбирання, перевезення і консервування проб, техніки безпеки, ідентифікації та маркування проб води, зберігання проб і поводження з ними, забезпечення якості відбирання та оброблення проб природних вод. Вказані ДСТУ розроблені на основі міжнародних загальноприйнятих практик гідрологічних досліджень, надають детальні й обґрунтовані настанови та безумовно доцільні для використання. Але слід зазначити, що вони носять узагальнений характер, і у разі використання для моніторингу підземних і поверхневих вод на територіях нафтогазовидобування, потребують уточнення у багатьох пунктах, зокрема, у частині показників, вибирання пунктів спостережень, відбирання проб на забруднених ділянках.

Таблиця 1.8 – Перелік чинних державних стандартів серії 5667 «Якість води. Відбирання проб»

Номер ДСТУ	Назва частини	Чинний від
ДСТУ ISO 5667-1:2003	Частина 1. Настанови щодо проекту програм відбирання проб	2004-07-01
ДСТУ ISO 5667-2:2003	Частина 2. Настанови щодо методів відбирання проб	2004-07-01
ДСТУ ISO 5667-3-2001	Частина 3. Настанови щодо зберігання та поводження з пробами	2003-01-01
ДСТУ ISO 5667-4:2003	Частина 4. Настанови щодо відбирання проб з природних та штучних озер	2004-07-01
ДСТУ ISO 5667-6:2009	Частина 6. Настанови щодо відбирання проб води з річок і струмків	2011-07-01
ДСТУ ISO 5667-8:2007	Частина 8. Настанови щодо відбирання проб вологих опадів	2009-07-01
ДСТУ ISO 5667-9:2005	Частина 9. Настанови щодо відбирання проб морської води	2006-07-01
ДСТУ ISO 5667-10:2005	Частина 10. Настанови щодо відбирання проб стічних вод	2008-01-01
ДСТУ ISO 5667-11:2005	Частина 11. Настанови щодо відбирання проб підземних вод	2006-07-01
ДСТУ ISO 5667-12-2001	Частина 12. Настанови щодо відбору проб донних відкладень	2003-01-01
ДСТУ ISO 5667-14:2005	Частина 14. Настанови щодо забезпечення якості відбирання та обробляння проб природних вод	2006-07-01
ДСТУ ISO 5667-18:2007	Частина 18. Настанови щодо відбирання проб підземних вод із забруднених місць	2009-07-01

У європейському нормативно-правовому полі методичне забезпечення моніторингу природних вод розроблено значно повніше. Так, до Водної Директиви ЄС [152], яка вимагає держави-члени здійснювати моніторинг вод у межах кожного річкового басейну, розроблено більше трьох десятків керівних документів, з яких щонайменше три з них повністю присвячені організації та проведенню моніторингу підземних і поверхневих вод [157, 158, 159]. У цих документах дуже змістовно розписані настанови з розроблення програм моніторингу, вибору показників, вибору репрезентативних пунктів спостережень, частоти спостережень, методики відбирання проб і аналізу вод, хоча, здебільшого дані настанови стосуються моніторингу державного та регіонального рівня.

Якість підземних вод, незалежно від наявності водозабірних споруд на території досліджень, під час проведення моніторингу оцінюється за критеріями для питних вод [25, 35, 36]. Якщо чинні в Україні документи з нормування якості питних вод є достатньо сучасними, то для оцінки якості поверхневих вод застосовуються санітарні правила, які були прийняті ще за радянських часів [107]. У зв'язку з цим, доцільно звертатися також до міжнародних та європейських нормативних документів, які відрізняються від національних більш змістовним обґрунтуванням встановлених ГДК [147, 160].

Оцінка якості води здійснюється на основі відповідності вмісту хімічних речовин гранично допустимим концентраціям та відповідності фізико-хімічних показників води встановленим нормативам. У ДержСанПіН 2.2.4.171-10 містяться окремі вимоги до складу питної води колодязів і каптажів джерел, які обов'язково входять до складу мережі пунктів моніторингу. До них також можна віднести і спостережні свердловини, що встановлюються на першій від поверхні водоносний горизонт [25].

Можна підсумувати, що зобов'язання, методики і настанови щодо проведення моніторингу підземних і поверхневих вод на локальному рівні у чинних національних нормативних та методичних документах представлені



розрізнено і обмежено. Проведення моніторингу на ділянках нафтогазовидобування і зовсім практично не підкріплено нормативною і методичною базою.

У низці наукових робіт вітчизняних дослідників у сфері охорони довкілля нафтогазовидобувної діяльності здійснювалися окремі спроби систематизувати та запропонувати підходи до моніторингу вод на нафтогазових родовищах. Ґрунтовні основи організації і проведення моніторингу вод на нафтогазовидобувних територіях були вперше закладені фахівцями ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс» Васильєвим О. М., Журавлем М. Ю., Клочко П. В., які на основі свого практичного досвіду вперше запропонували принципи організації спостережень за станом природних вод на прикладах родовищ Східної України [6].

Серед робіт вітчизняних експертів також варто відзначити доробки фахівців з ХНУ ім. В. Н. Каразіна – Крайнюкова О. М. і Некос А. Н. У своїй дисертації, а пізніше у підручнику з моніторингу довкілля на нафтогазоносних територіях, Крайнюков О. М. узагальнив питання підходів до організації екологічного моніторингу, екологічних проблем нафтогазоносних територій, методів екологічного моніторингу та комплексу заходів із обмеження вуглеводневого забруднення нафтогазоносних територій [72]. Але слід зазначити, що дані праці фокусуються в основному на питаннях вуглеводневого забруднення довкілля. Забруднення і засолення водних об'єктів неорганічними компонентами супутніх пластових вод залишаються у цих роботах поза увагою.

Прикладами реалізованих систем регіонального моніторингу на ділянках нафтогазовидобування є роботи фахівців Західної України – Адаменка Я. О., Скрипника В. С. та інших, в яких розроблено й обґрунтовано схеми комплексного екологічного моніторингу в Богородчанському [81] та Надвірнянському [111] районах Івано-Франківської області. По частині гідросфери в них запропоновані слушні підходи до організації спостережних

мереж, вибору місць і частоти відбирання проб, використання експрес-показників, але на регіональному рівні.

Серед зарубіжних видань можна зустріти приклади змістовних настанов щодо проведення моніторингу на ділянках нафтогазовидобування, зокрема, такими є Настанови з моніторингу підземних вод на нафтогазовидобувних і геотермальних підприємствах Австралії [161]. Основною концепцією моніторингу в цих настановах є проведення досліджень фонового стану підземних вод до початку нафтогазовидобувних робіт (baseline monitoring), досліджень поточного стану після початку видобувних робіт (surveillance monitoring) та порівняння результатів останніх з першими. У методичному плані документ містить інструкції щодо складання програми моніторингу, вивчення умов території, частоти моніторингу, обладнання для відбирання проб, вибору показників моніторингу, інтерпретації результатів моніторингу.

Формування комплексу показників, які могли б служити в якості критеріїв техногенного навантаження на підземні води та індикаторів впливу від техногенних об'єктів, є одним з ключових питань моніторингу [136]. Складність полягає в необхідності вибору з декількох десятків аналізованих в підземних водах компонентів такої їх кількості, яка б дозволяла оперативно проводити аналіз і при мінімальній вартості робіт забезпечувало високу надійність діагностики антропогенного забруднення вод.

Гідрохімічні показники, які мають виступати індикаторами забруднення природних вод від нафтогазопромислових об'єктів, повинні відповідати таким вимогам [6]:

- відповідати характерним викидам нафтогазопромислових підприємств;
- мати відносну консервативність у часі й допускати можливість транспортування проб і аналіз через 3–5 діб із моменту відбирання, а також можливість консервації проб;

- мати високу технологічність визначення, тобто на вимірянні показники не повинні впливати суб'єктивні (особистісні) фактори, методика визначення повинна бути стабільною і не вимагати унікального обладнання;
- першочерговому аналізу повинні підлягати компоненти, вміст яких в природних водах перевищує ГДК або близький до неї;
- обов'язковому визначенню підлягають компоненти, які мають найбільші перевищення ГДК у викидах і характеризуються високою рухливістю у водному середовищі.

Важливим аспектом, який необхідно також врахувати під час вибору показників – це значення регіонального фону для певних типів вод (поверхневих, підземних із різних горизонтів). За даними регіональних гідрогеологічних досліджень у межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну зустрічаються помітні варіації у складі підземних вод зони активного водообміну, зумовлені природними факторами [14, 15, 90, 139]. Це може ускладнювати інтерпретацію результатів моніторингу природних вод та призвести до хибних висновків щодо причин підвищених концентрацій у воді окремих компонентів.

### **Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження**

У підсумку проведеного аналітичного огляду, можна зазначити, що є всі підстави, як нормативно-правові, так і наукові, вважати впровадження моніторингу гідросфери на ділянках експлуатації нафтогазовидобувних об'єктів вкрай необхідним і обов'язковим заходом. Але, проведений аналіз законодавчої бази, державних і галузевих стандартів, наукової літератури показав, що у цьому напрямку залишається багато невирішених питань [52]. Наявні розрізнені елементи підходів до організації моніторингу потребують систематизації, доопрацювання та деталізації з урахуванням специфіки нафтогазовидобувних об'єктів як джерел можливого забруднення гідросфери та довкілля в цілому.

За своїм рівнем або масштабом, моніторинг підземних і поверхневих вод у межах території діяльності окремо взятого нафтогазовидобувного підприємства є локальним і, частково, регіональним для потужних нафтогазопромислових вузлів (наприклад, Качанівський) [61], що експлуатуються такими значними надрокористувачами, як ПАТ «Укрнафта» та ПАТ «Укргазвидобування». Аналітичний огляд показав, що має місце недостатня розробленість методичного забезпечення моніторингу вод на локальному рівні – починаючи від вибору місць розташування спостережних свердловин і закінчуючи пріоритетними показниками-індикаторами забруднення природних вод компонентами нафтогазовидобувного походження. Ситуація складається таким чином, що нафтогазовидобувне підприємство, маючи законодавчі зобов'язання створювати мережі пунктів контролю за станом вод і проводити в них моніторинг, не має науково обґрунтованих і детальних вказівок щодо достатньої кількості таких пунктів, вибору місць їхнього розташування у межах родовища, технології відбирання проб тощо. Для будь-якого підприємства, як в першу чергу суб'єкту бізнесу, виключно важливим є отримати можливість реалізувати таку систему моніторингу, яка б мала оптимальні параметри з точки зору вирішення своїх природоохоронних завдань та одночасно була б фінансово раціональною [53, 140].

Таким чином, виникає нагальна необхідність у розробці науково-методичних засад локального моніторингу підземних і поверхневих вод на території діяльності нафтогазовидобувних підприємств України і, зокрема, Східного нафтогазоносного басейну, що і було поставлено в якості мети дисертаційної роботи.

Для досягнення зазначеної мети поставлено такі завдання:

– провести аналіз чинного екологічного законодавчого та нормативно-методичного забезпечення моніторингу гідросфери на території діяльності нафтогазовидобувних об'єктів;

- дослідити вплив нафтогазовидобувних об'єктів на гідросферу та визначити пріоритетні чинники забруднення підземних і поверхневих вод;
- встановити надійні індикатори забруднення гідросфери, зумовлені діяльністю нафтогазовидобувних об'єктів;
- обґрунтувати методологію проведення локального моніторингу гідросфери на території діяльності нафтогазовидобувних підприємств;
- розробити інформаційно-програмний комплекс для впорядкування, зберігання та обробки даних локального моніторингу гідросфери на об'єктах нафтогазопромислового комплексу.

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Характеристика природних умов території досліджень

У гідрологічному відношенні територія Східного нафтогазоносного басейну відноситься до водозбірного басейну Дніпра, його середньої лівобережної частини, та, частково басейну Дону в районі басейну р. Сіверський Донець.

Гідрографічна мережа Середнього Подніпров'я розвинена порівняно нерівномірно, її середня густина сягає близько  $0,3 \text{ км/км}^2$ , збільшуючись до  $0,5 \text{ км/км}^2$  у верхів'ях басейнів річок Сули, Псла, Ворскли і Орелі [76]. Місцеві кліматичні та геоморфологічні умови визначили обмежений розвиток озер і боліт, які поширені в основному на заплавах річок. Нестача поверхневих вод на великих вододільних просторах компенсується широкою мережею малих водосховищ і ставків.

Найбільші річки досліджуваної території – Ворскла, Псел, Сула, Удай, Оріль, що течуть на південний захід до Дніпра, та Сіверський Донець, що прямує до Дону в південно-східному напрямку. Стік цих річок багато в чому формується за рахунок численних малих річок, тимчасових водотоків балок і ярів. Густина річкової мережі коливається в межах  $0,21\text{--}0,37 \text{ км/км}^2$ .

Річки північного сходу України є типові рівнинні водотоки з вузькими V-подібними долинами у верхів'ях і широкими, трапецієподібними в середній і нижній течії [91, 110]. Долини великих річок району досить широкі (р. Псел – до 20 км, р. Сула – до 14 км), з крутим, порівняно високим правим схилом і пологим низьким лівим. Русла звивисті, здебільшого, зарослі водною рослинністю. У літню межень ширина річок зазвичай становить 5–20 м, на плесах до 300–400 м. Переважна глибина 0,4–2,0 м, швидкість течії 0,1–0,3 м/с, на перекатах – до 1,0 м/с [118].

Іонний стік річок, незважаючи на значне антропогенне навантаження, визначається більшою мірою гідрологічним режимом. У період весняної повені та паводків, в загальному випадку, мінералізація річкових вод зменшується, в межень – збільшується. Іноді ця закономірність порушується через змив розчинних речовин із забруднених водозбірних територій. У живленні основна роль належить підземним водам, з атмосферними опадами надходить приблизно в 4–6 разів менше розчинних компонентів. Незабруднені води річок району мають гідрокарбонатний кальцієвий склад: переважають іони  $\text{HCO}_3^-$  (від 50 до 60 %) і  $\text{Ca}^{2+}$  (від 10 до 17 %); загальна мінералізація річкових вод змінюється від 100–200 мг/дм<sup>3</sup> на півночі до 200–500 мг/дм<sup>3</sup> на півдні території. Середні багаторічні значення іонного стоку Сули (с. Зеленківка) оцінюються приблизно в 24 тис. т, для Ворскли (с. Чернеччина) – 312 тис. т, для Орілі (с. Черноглазівка) – 108 тис. т, для Сіверського Донця (с. Огірцеве) – 355 тис. т [76].

У гідрогеологічному відношенні досліджувана територія відноситься до Дніпровського артезіанського басейну, в якому виділяють верхній і нижній гідрогеологічні поверхи, розділені перехідною зоною. Верхній гідрогеологічний поверх (зона активного водообміну), охоплює відклади кайнозою і верхнього мезозою (крейди і верхньої юри) до глибин 800–1000 м, і містить, як правило, води придатні для водопостачання без попередньої підготовки. Нижній гідрогеологічний поверх (зона дуже утрудненого водообміну), залягає на глибинах понад 1700 м, і містить води з мінералізацією понад 100 г/дм<sup>3</sup> у відкладах пермських та кам'яновугільних осадових товщ [135].

Верхній гідрогеологічний поверх, що включає зону активного водообміну, представлений товщею порід від четвертинних до верхньоюрських. На формування підземних вод зону активного водообміну визначальний вплив чинять геоморфологічні особливості території і кліматичні умови.

У сучасних осадових відкладах четвертинного віку на території досліджень формуються перші від поверхні водоносні горизонти (грунтові води), розповсюдження яких зумовлено в значній мірі будовою рельєфу, яка в свою чергу визначається сучасними і відносно недавніми геологічними процесами – дією тимчасових і постійних водотоків, льодовиків.

Залежно від ландшафтної позиції території у верхній частині розрізу, виділяють:

1) водоносний горизонт сучасних алювіальних піщаних і суглинистих відкладів заплав річок та днищ балок, поширений в долинах річок Ворскли, Сули, Псла, Орлі, Сіверського Донця та їх приток;

2) водоносний горизонт у четвертинних лесоподібних суглинках, поширений в межах вододільних просторів і схилів балок;

3) водоносний горизонт середньо-, верхньочетвертинних алювіальних піщаних і суглинистих відкладів першої, другої і четвертої надзаплавних терас.

Дані водоносні горизонти характеризуються обмеженим латеральним розповсюдженням, безнапірним гідродинамічним режимом і напрямками руху води переважно в бік понижень сучасного рельєфу. Місцями дані горизонти мають гідравлічний зв'язок з водоносними горизонтами пліоценових відкладів, берецької і новопетрівської світ, що їх підстиляють. Живлення горизонтів здійснюється переважно за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, рідше фільтрації з постійних і тимчасових водотоків і розвантаження водоносних горизонтів, що мають більш високі гіпсометричні позначки [135, 139].

За хімічним складом води підземні води гідрокарбонатні кальцієві, гідрокарбонатно-сульфатні кальцієві, хлоридно-гідрокарбонатні кальцієво-магнієві з мінералізацією 0,5–1,5 г/дм<sup>3</sup>. У межах населених пунктів активно використовуються для децентралізованого водопостачання колодзями і приватними неглибокими свердловинами.



У межах бурлуцької та новохарківської терас Дніпра розвинений пліоценовий водоносний горизонт ( $N_2$ ). Водовмісними породами є різнозернисті і дрібнозернисті кварцові піски з глинистими прошарками, товщина водовмісних порід змінюється від 5 до 35 м. За хімічним складом підземні води цього горизонту переважно гідрокарбонатні кальцієво-магнієві з мінералізацією до  $0,5 \text{ г/дм}^3$  та помірною жорсткістю. Водоносний горизонт використовується для водопостачання, дебіти свердловин становлять  $80\text{--}130 \text{ м}^3/\text{добу}$ .

У піщаних відкладах новопетрівської світи міоцену ( $N_{1np}$ ) та берецької світи олігоцену ( $P_{3br}$ ) розвинений полтавський водоносний комплекс, що складається різнозернистими кварцовими пісками і тонкими прошарками світло-сірих і зелених глин. Товщина водоносного шару дуже нерівномірна і залежить, в першу чергу, від ступеня розчленованості рельєфу. Горизонт безнапірний, живлення відбувається, в основному, за рахунок підтікання вод з нижчих водоносних шарів, з боку глибоких балок і річкових долин. Хімічний склад підземних вод – гідрокарбонатний кальцієво-магнієвий із мінералізацією, в основному, до  $1 \text{ г/дм}^3$ .

Межигірсько-обухівський (харківський) водоносний горизонт представлений дрібнозернистими пісками з прошарками пісковиків межигірського ( $P_{3m\check{z}}$ ) та обухівського регіоярусів ( $P_{2ob}$ ). Покрівля водоносного горизонту розташовується на глибинах  $30\text{--}100 \text{ м}$ . Залягають харківські відклади на глинистих і мергельних утвореннях київського регіоярису, зверху горизонт перекривається полтавськими відкладами, алювіальними пісками пліоцену терас і четвертинними утвореннями. Потужність водовмісних порід становить  $26\text{--}33 \text{ м}$ , дебіти свердловин – до  $6 \text{ м}^3/\text{годину}$ . За хімічним складом води прісні, гідрокарбонатні натрієві, іноді з підвищеним вмістом заліза, сухий залишок становить  $0,6\text{--}0,8 \text{ г/дм}^3$ . Води горизонту широко використовуються для організації питного і технічного водопостачання.

Полтавський та харківський водоносні горизонти за рахунок відсутності витриманих водотривів у розрізі верхнього еоцену-міоцену на значній території в межах Дніпровського басейну можуть розглядатися як єдиний еоцен-олігоцен-міоценовий водоносний комплекс. Водовмісні породи цього комплексу представлені: у верхній частині – кварцовими дрібно- та тонкозернистими пісками з різним ступенем глинистості; в середній частині – кварцово-глауконітовими пісками з прошарками алевритістих глин; в нижній частині – опокоподібними алевролітами, пісковиками і тонкозернистими пісками. Підстилаються водовмісні відклади товщею мергелів і глин київського регіоярису, перекриваються на ділянках плато строкатими і червоно-бурими глинами пліоценового віку, а в балках і долинах річок – алювіальними четвертинними відкладами. Загальна потужність водоносного комплексу може сягати 140 м, проте його верхня частина – новопетрівський водоносний горизонт часто здренований яружно-балочної мережею. Живлення комплексу відбувається, в основному, за рахунок інфільтрації атмосферних опадів в районах виходу пісків на денну поверхню, а також за рахунок перетікання вод з алювіальних водоносних горизонтів. За складом води гідрокарбонатні натрієві і натрієво-кальцієві з мінералізацією 0,4–1,2 г/дм<sup>3</sup>. Водоносний комплекс широко використовується водозабірними свердловинами для водопостачання невеликих населених пунктів і окремих виробничих об'єктів.

Першим від поверхні напірним, витриманим за площею розповсюдження водоносним горизонтом, є канівсько-бучацький водоносний комплекс у дрібно- і тонкозернистих пісках бучацького регіоярису (P<sub>2</sub>b<sup>с</sup>) та пілуватих тонкозернистих пісках канівського регіоярису (P<sub>2</sub>kn). Водоносний комплекс перекритий щільними мергелями київського регіоярису, що обумовлює його напірний характер. Величина напору 25–100 м. Підстилається еоценовими відкладами сумського регіоярису, товщина водоносного горизонту становить 17–35 м.

За хімічним складом виявляє регіональні відмінності – від гідрокарбонатних натрієвих і гідрокарбонатно-хлоридних натрієвих вод з мінералізацією до 1 г/дм<sup>3</sup> на північному сході басейну до хлоридних натрієвих вод із мінералізацією до 3 г/дм<sup>3</sup> на південному заході [90]. Основна область живлення горизонту розташована на північно-східному борту западини на північ від лінії Боромля–Недригайлів, де буцацькі відклади залягають під алювієм терас. Прісні і слабкосолонуваті води буцацько-канівського водоносного горизонту широко використовуються для організації централізованого господарсько-питного водопостачання у населених пунктах та технічного водопостачання підприємств, зокрема нафтогазопромислових.

У нижній частині зони активного водообміну залягають сумський водоносний горизонт у пісковиках, алевролітах і пісках сумського регіоярусу (P<sub>1s</sub>), верхньокрейдвий горизонт (K<sub>2</sub>) у тріщинуватій зоні крейдяно-мергельної товщі та сеноман-нижньокрейдвий водоносний комплекс у пісках сеноманського ярусу (K<sub>2s</sub>) та нижньої крейди (K<sub>1</sub>). Серед них найважливіше значення для водопостачання регіону має сеноман-нижньокрейдвий комплекс, який експлуатується окремими свердловинами і груповими водозаборами для питного водопостачання у міст Харків, Суми, Полтава. Даний горизонт надійно захищений від забруднення з поверхні землі товщею крейди потужністю до 550 м.

## **2.2 Вхідні дані для досліджень**

Вхідними даними для досліджень, проведених у дисертаційній роботі, слугували результати багаторічних спостережень, що проводилися автором спільно із спеціалістами ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД» більше, ніж на 50 родовищах Східного нафтогазоносного басейну в 2001–2018 рр. Дослідження проводилися у рамках договірних науково-дослідних робіт на замовлення нафтогазовидобувних підприємств регіону – ВАТ «Укрнафта»

(ЦВНГ Охтирканафтогаз, ЦВНГ Полтаванафтогаз), ВАТ «Укргазвидобування», Спільне Підприємство Полтавська газонафтова компанія, Представництво Регал Петролеум Корпорейшн Лімітед, ТОВ «Укргазвидобуток», ПрАТ «Пром-енерго продукт» та інших.

Об'єктами спостережень виступили: 1) джерела питного водопостачання у населених пунктах на території родовищ (колодязі, водозабірні свердловини централізованого водопостачання, каптажі джерел); 2) спеціальні спостережні свердловини, споруджені на ділянках об'єктів НГВ інфраструктури та на шляхах міграції техногенних потоків; 3) поверхневі водойми та водотоки, у водозбірній площі яких розташовані об'єкти НГВ інфраструктури. На кожному родовищі протягом різних періодів часу виконувалися спостереження за станом підземних і поверхневих вод згідно попередньо розроблених та затверджених програм моніторингу.

Станом на початок 2018 року база накопичених гідрохімічних даних у форматі Microsoft Access налічувала близько 9800 записів (аналізів проб), кожен з яких включав дані щодо фізико-хімічних показників вод (температури, питомої електропровідності, водневого показнику, окислювально-відновного потенціалу), вмісту компонентів у воді (основних іонів – гідрокарбонатів  $\text{HCO}_3^-$ , сульфатів  $\text{SO}_4^{2-}$ , хлоридів  $\text{Cl}^-$ , кальцію  $\text{Ca}^{2+}$ , магнію  $\text{Mg}^{2+}$ , натрію  $\text{Na}^+$ ; другорядних іонів – калію  $\text{K}^+$ , нітратів  $\text{NO}_3^-$ ; мікрокомпонентів – стронцію  $\text{Sr}^{2+}$ , літію  $\text{Li}^+$ ; нафтопродуктів) та величини сухого залишку.

Загальна кількість проаналізованих проб підземних і поверхневих вод, їхня приналежність до родовищ та річкових басейнів наведена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Загальна кількість проб підземних і поверхневих вод, досліджених на родовищах Східного басейну

№ з. п.	Родовище	К-ть проб	Роки спостережень	Річковий басейн
1	Бугруватівське	690	1995–2006	Ворскла
2	Рибальське	300	1995–2006	Ворскла
3	Єлизаветівське	205	2010–2018	Ворскла

## Продовження таблиці 2.1

№ з. п.	Родовище	К-ть проб	Роки спостережень	Річковий басейн
4	Пункт нафтоналиву, с. Руденківка	135	2006–2018	Ворскла
5	Решетняківське	102	1997–2006	Ворскла
6	Сахалінське	94	1996–2012	Ворскла
7	Козіївське	48	1996–2002	Ворскла
8	Опішнянське	23	2000, 2008	Ворскла
9	Західно-Козіївське	10	2001-2002	Ворскла
10	Хухринське	9	2006	Ворскла
11	Матвіївське	6	2008	Ворскла
12	Суходолівське	7	1997–2001	Ворскла
13	Карайкозівське	5	2012-2013	Ворскла
14	Ігнатівське	842	2006–2018	Оріль
15	Новомиколаївське	398	2006–2018	Оріль
16	Мовчанівське	354	2008–2018	Оріль
17	Новогригорівське	243	1997–2006	Оріль
18	Руденківське	211	2010–2018	Оріль
19	Заплавська площа	206	2008–2018	Оріль
20	Юріївське	107	1997–2006	Оріль
21	Голубівське	35	1997–2006	Оріль
22	Качанівське	1375	1995–2006	Псел
23	Глинсько-Розбишівське	981	1997–2006	Псел
24	Анастасівське	824	1995–2006	Псел
25	Радченківське	191	1997–2006	Псел
26	Сагайдакське	106	1997–2006	Псел
27	Південно-Панасівське	86	1997–2006	Псел
28	Кибинцівське	73	1997–2006	Псел
29	Малосорочинське	41	1997–2006	Псел
30	Липоводолинське	39	2001–2006	Псел
31	Тимофіївське	18	2000, 2008	Псел
32	Новотроїцьке	17	2008	Псел
33	Абазівське	6	2008	Псел
34	Острроверхівське	294	2011-2018	Сів. Донець
35	Васищівське	141	2011-2018	Сів. Донець
36	Андріяшівське	330	1999–2008	Сула
37	Великобубнівське	218	1997–2006	Сула
38	Перекопівське	197	1995–2006	Сула
39	Мехедівсько-Голотовщинське	161	2013–2018	Сула
40	Артюхівське	160	1996–2006	Сула
41	Свиридівське	147	2013–2018	Сула
42	Гнідинцівське, ГПЗ	127	1997–2005	Сула
43	Коржівське	65	1997–2006	Сула
44	Леляківське	35	1997–1999	Сула
45	Яблунівське	32	2000, 2008	Сула

Кінець таблиці 2.1

№ з. п.	Родовище	К-ть проб	Роки спостережень	Річковий басейн
46	Волошківське	30	1997–2006	Сула
47	Талалаївське	14	1997–1999	Сула
48	Прилуцьке	13	1997–1999	Сула
49	Малодівицьке	7	1997–1999	Сула
50	Скороходівське	7	1997–1999	Сула
51	Матлахівське	5	1997–1999	Сула
52	Мільківське	4	1997–1999	Сула
<i>Загальна кількість проб</i>		9774		

Примітка: дані за період 1995–2000 роки були надані підприємством ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД», дані за період 2001–2018 роки були отримані за безпосередньої участі автора

Досліджені родовища розташовані в басейнах двох великих річок – Дніпра і Дону, зокрема в басейнах їхніх приток – Сула, Псел, Ворскла, Оріль та Сіверський Донець (рисунок 2.1).

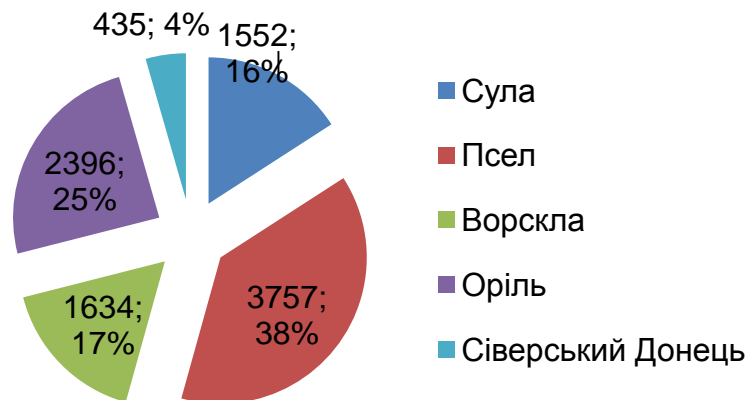


Рисунок 2.1 – Розподіл кількості досліджених проб підземних і поверхневих вод за басейнами

Переважає більшість досліджених проб характеризує басейн річок Псел (38%) і Оріль (24%), найменша кількість – басейні р. Сіверський Донець (4,5%).

### 2.3 Методи польових і лабораторних досліджень

Періодичність відбирання проб і вимірювань якості вод становила 4 рази на рік (щоквартально) – у періоди зимової межени (лютий), активного сніготанення та весняної повені (березень-квітень), літньої межени (липень-серпень) і періоду осінніх опадів (жовтень-листопад).

У польових умовах в кожній точці моніторингу на місці вимірювали фізико-хімічні показники потенціометричним методом за допомогою відкаліброваних портативних тестерів Hanna Instruments HI-98130 Combo, HI-98121, ULAB SX-751. Вони включили температуру води (°C), водневий показник рН (одиниці шкали), питому електропровідність (мкС/см), окислювально-відновний потенціал (мВ). Прилади калібрувалися перед кожною серією вимірювань із використанням стандартних буферних розчинів – рН 4.01, 6.86, 10.01 і електропровідності – стандартний розчин КСІ – 1413 мкС/см згідно рекомендацій виробника.

У спостережних свердловинах і колодязях гідрогеологічною рулеткою з хлопавкою вимірювали глибину статичного рівня та глибину до вибою.

У кожній точці дослідження проводились візуальні спостереження за наявністю вуглеводневої плівки або слідів вуглеводнів на поверхні води, за наявністю завислих речовин та запаху. Для поверхневих водойм додатково оцінювався їхній стан – колір води, наявність процесів цвітіння.

Відбирання проб підземних і поверхневих вод здійснювали за настановами стандартів ДСТУ ISO, чинних в Україні [39–43]. Спостережні свердловини перед відбором проб попередньо прокачувалися електронасосом із живленням від портативної електростанції до стабілізації фізико-хімічних параметрів, що описані вище. По завершенню прокачувань у свердловинах вимірювали швидкість відновлення статичного рівня до початкових відміток.

Проби відбирали у чисті скляні пляшки з кришкою, які попередньо тричі ополіскувалися водою з точки відбору. Відібрані проби протягом 2–3 діб транспортували до лабораторії. У кожній серії проб відбирали

контрольні проби у кількості не менше 5 % від загального об'єму серії для внутрішнього контролю.

Аналітичні вимірювання концентрацій аніонів ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), катіонів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$ ), нафтопродуктів, величини сухого залишку здійснювали в атестованій лабораторії НТК «Інститут Монокристалів» (свідоцтво про атестацію № 100-018/2015 від 13.02.2015 р.) за стандартними методиками:  $\text{Cl}^-$  за ДСТУ 9297:2007,  $\text{SO}_4^{2-}$  за ГОСТ 4389-72,  $\text{HCO}_3^-$  за ДСТУ ISO 9963-1:2007,  $\text{NO}_3^-$  за ДСТУ 4078-2001;  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  – методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою за ISO 11885:1996(E), нафтопродукти ДСТУ ISO 9377-2:201, сухий залишок ГОСТ 18164-72.

Розрахунковими параметрами виступили мінералізація (загальний солевміст), розрахована як сума концентрацій всіх розчинених солей у воді у вагових концентраціях ( $\text{мг/дм}^3$ ), та загальна жорсткість води, розрахована як сума еквівалентного вмісту іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  ( $\text{мг-екв./дм}^3$ ).

Результати ізотопного складу природних вод регіону отримано нами в результаті виконання робіт за міжнародними науково-дослідними проектами з ізотопної гідрології в басейні р. Сіверський Донець, що виконувалися у Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова за співробітництвом із Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ). У рамках цих проектів протягом 2013–2018 років за безпосередньої участі автора досліджено ізотопний склад атмосферних опадів, поверхневих вод (р. Сіверський Донець та її приток – Уди, Харків, Лопань) та підземних вод зони активного водообміну в регіоні.

Акумулятивні проби атмосферних опадів відбирали щомісячно за допомогою пробовідбірника із зануреною капілярною трубкою (Palmex, Хорватія), що запобігає випаровуванню накопичених опадів. Проби опадів відбирали у 50-мл скляні пляшки із темного скла, проби поверхневих і підземних вод відбирали в 50-мл пляшки з щільного поліетилену. Всі



відібрані проби щільно загвинчувалися і зберігалися при температурі не вище +6°C у темному місці для запобігання випаровування.

Аналітичні роботи виконували в Ізотопній лабораторії МАГАТЕ (м. Відень, Австрія). Вміст стабільних водних ізотопів  $\delta^{18}\text{O}-\text{H}_2\text{O}$  і  $\delta^2\text{H}-\text{H}_2\text{O}$  визначали методом лазерної спектроскопії на приладі Picarro L2120-i. Результати вимірювань подані у ‰ відносно стандарту VSMOW (Vienna Mean Ocean Water). Точність вимірювань становила  $\pm 0,1\text{‰}$  і  $\pm 1,0\text{‰}$  для  $\delta^{18}\text{O}-\text{H}_2\text{O}$  і  $\delta^2\text{H}-\text{H}_2\text{O}$  відповідно.

## 2.4 Методи опрацювання даних

Результати лабораторних досліджень перевіряли на похибки іонного балансу та співвідношення сухий залишок / мінералізація за загальноприйнятими методиками [37]:

$$x = \frac{A - K}{A + K} \cdot 100, \quad (2.1)$$

$$x = \left( \frac{C_{\text{сух.зал.}}}{M} - 1 \right) \cdot 100, \quad (2.2)$$

де  $x$  – похибка аналізу, %;

$A, K$  – суми концентрацій аніонів та катіонів в еквівалентній формі, мг-екв./дм<sup>3</sup>;

$C_{\text{сух.зал.}}$  – сухий залишок, мг/дм<sup>3</sup>;

$M$  – мінералізація води (сумарний вміст розчинених солей), мг/дм<sup>3</sup>.

У разі виявлення істотних помилок ( $x > 3-5\%$ ), результати визнавалися недостовірними, та проби направлялися на повторний лабораторний аналіз. Зауважимо, що проведення нами контролю лабораторних аналізів було можливим завдяки прямому вимірюванню всіх основних іонів, зокрема, натрію та калію, вміст яких в інших роботах часто є розрахунковим, що істотно знижує достовірність результатів.

Опрацьований таким чином масив гідрохімічної інформації підлягав статистичному аналізу засобами табличного редактора MS Excel, який

включав загальноприйняті показники описової статистики – мінімальні, максимальні та середні значення, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації. Вивчення співвідношень вмісту окремих іонів у воді між собою здійснювали в еквівалентній формі (мг-екв./дм<sup>3</sup>).

Для побудування діаграм і графіків використовували засоби програм MS Excel та Grapher 13 від Golden Software. Геопросторовий аналіз та побудову картографічного матеріалу здійснювали у геоінформаційному програмному комплексі ArcGIS 10.6.1 від ESRI.

## **Висновки до розділу 2**

1. Водні ресурси досліджуваної території Східного нафтогазоносного басейну України представлені поверхневими водами лівобережжя Дніпра і басейну Сіверського Донця, а також водоносними горизонтами, що містять прісні підземні води високої питної якості до глибин 800–1100 м у зоні активного водообміну.

2. На цих водних об'єктах автором були проведені багаторічні спостереження за станом вод на території близько 50 нафтогазових родовищ у 2001–2018 роках. Дослідження включали польові вимірювання фізико-хімічних показників потенціометричним методом (температура, питома електропровідність, водневий показник, окислювально-відновний потенціал), рівнів підземних вод, візуальні обстеження водних об'єктів, відбирання проб і проведення лабораторних аналізів на вміст основних аніонів і катіонів, нафтопродуктів і сухого залишку за стандартними методиками. Розрахунковими параметрами виступили мінералізація (загальний солеміст) та загальна жорсткість води [47]. У басейні р. Сіверський Донець визначено ізотопний склад природних вод, зокрема відносний вміст стабільних важких ізотопів кисню і водню [151, 192].

3. Результати визначення гідрохімічних показників були зведені у спеціально розроблену базу даних, перевірені на предмет визначення

похибки іонного балансу, похибки співвідношення сухого залишку та мінералізації, а також підлягали опрацюванню методами описової статистики.

4. Встановлення закономірностей просторового розподілу досліджених гідрохімічних показників здійснювали методами геопросторового аналізу в геоінформаційній системі в програмному комплексі ArcGIS [46].

## РОЗДІЛ 3

### АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ТА ВИДІВ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД ВІД ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВИДОБУВНОГО КОМПЛЕКСУ

#### **3.1 Аналіз джерел впливу об'єктів нафтогазовидобувного комплексу на природні води**

Нафтогазова діяльність є одним із найбільш екологічно небезпечних видів антропогенної діяльності, що визнається в Україні чинними законодавчими актами [97], а також підтверджується статистикою споживання природних ресурсів і утворення забруднювальних речовин [79]. Підприємства нафтогазовидобувного комплексу за рівнем потенційного шкідливого впливу на довкілля вважаються об'єктами підвищеного екологічного ризику. Вони є можливими джерелами забруднення довкілля, що може відбутися як у випадку порушення технологічних режимів експлуатації устаткування чи аварійної ситуації, так і за нормальних умов роботи, що зумовлено існуючими технологічними процесами [99].

Об'єкти нафтогазовидобувної інфраструктури як техногенний компонент навколишнього середовища перебувають у постійній взаємодії з об'єктами підземної та поверхневої гідросфери. Вплив на водні об'єкти відбувається шляхом формування потоків забруднювальних речовин, напрямки яких визначаються рельєфом території, її ландшафтною будовою, морфологією річкової мережі та будовою верхньої частини розрізу (рисунок 3.1).

Найбільш вразливими компонентами гідросфери слід вважати ділянки водоносних горизонтів, на яких облаштовані джерела водопостачання населених пунктів, та водні екосистеми поверхневих водотоків і водойм, особливо якщо вони мають статус природоохоронних територій. Такі об'єкти заслуговують на пріоритетність у спостереженнях за якісним станом підземних і поверхневих вод.

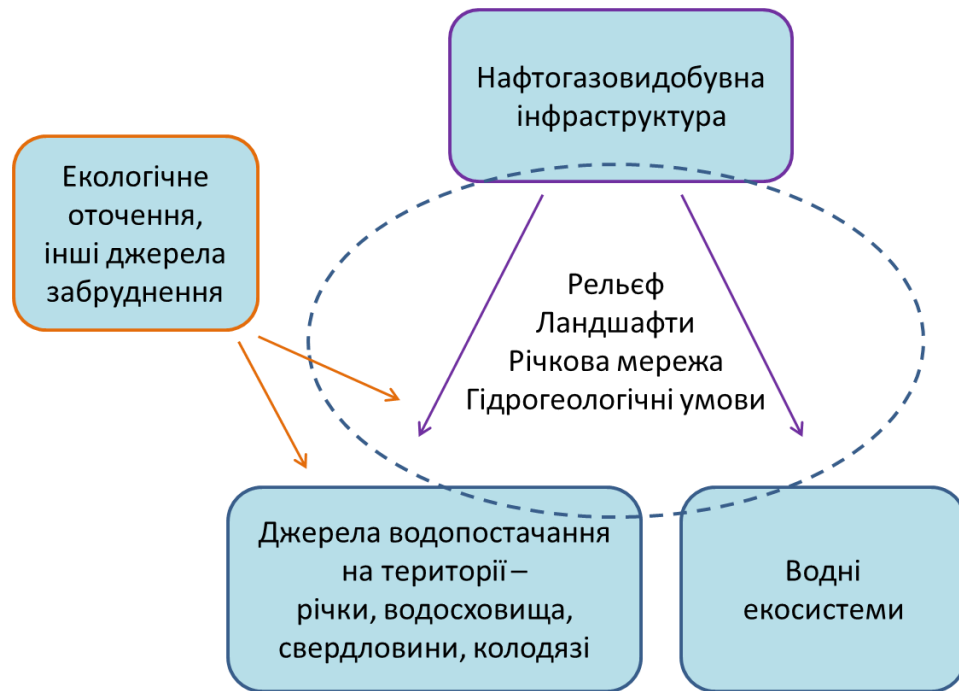


Рисунок 3.1 – Концептуальна схема впливу об’єктів НГВ інфраструктури на водні об’єкти

Основними технологічними нафтогазовидобувними об’єктами, що становлять ризик забруднення природних вод, виступають такі:

- 1) майданчики буріння свердловин;
- 2) експлуатаційні нафтові та газові свердловини;
- 3) системи зберігання та попередньої підготовки продукції;
- 4) поглинальні свердловини та водоводи супутніх пластових вод;
- 5) горизонтальні факельні установки (факельні амбари);
- 6) ємності для зберігання нафтопродуктів;
- 7) установки з підготовки нафти і газу.

Найбільш характерним та очевидним типом забруднення гідросфери та ґрунтового покриву на об’єктах нафтогазопромислового комплексу є вуглеводневе забруднення [67, 112]. Втрати рідких фракцій вуглеводнів (нафти і конденсату) допускаються на родовищах досить часто, джерелами забруднення виступають експлуатаційні свердловини, викидні лінії, колектори, трубопроводи зовнішнього транспорту, установки попередньої переробки нафти. Значної шкоди природному середовищу в цілому і

компонентам гідросфери, зокрема, приносять технологічні аварії на видобувних свердловинах і трубопроводах, що супроводжуються викидами нафти і нафтопродуктів. Найчастіше нафта виливається на ґрунтовий покрив і, мігруючи в горизонтальному і вертикальному напрямках, потрапляє в поверхневі водойми і водотоки, в води першого від поверхні водоносного горизонту [62]. Вуглеводневі суміші можуть потрапляти і в більш глибокі водоносні горизонти, в першу чергу, внаслідок корозії обсадних колон і перетоків затрубним простором свердловин.

Під час буріння свердловин виникають ризики забруднення ґрунтових вод буровими та промивальними розчинами, які, у залежності від технологічних параметрів буріння, можуть містити хлориди натрію і калію, важкі метали (у складі обважнювачів), органічні сполуки та інші небезпечні забрудники. Залишки бурових шламів, що захоронюють у шламових амбарах, за умов відсутності належної гідроізоляції та знешкодження, можуть створювати довгострокове забруднення ґрунтових вод. Не менш важливими джерелами потенційного забруднення підземних вод є системи інтенсифікації притоку вуглеводневої продукції в свердловину, зокрема, гідравлічний розрив пласта, де використовується широкий спектр хімічних речовин, у тому числі екологічно небезпечних [51].

Найзначніші екологічні наслідки, особливо для гідросфери, виникають в результаті аварійного фонтанування нафтогазових свердловин під час буріння, яке супроводжується відкритим фонтануванням високо мінералізованих пластових вод і вуглеводнів. Наприклад, на досліджених нами кратерах аварійних свердловин на Качанівському та Рибальському родовищах утворилися техногенні критичні водні екосистеми, в яких протягом десятків років зберігаються великі об'єми забруднених вод і залишків нафтошламів, а також досі відбувається висхідна міграція пластового водно-газового флюїду через аварійні стовбури свердловин [50].

Важливим аспектом у схемі взаємодії об'єктів нафтогазовидобувної інфраструктури з водними об'єктами є наявність інших джерел забруднення,

не пов'язаних із нафтогазовидобуванням. Результати наших досліджень якості вод [49, 193, 197] та приклади з літературних джерел [28, 139] свідчать, що на території сільських населених пунктів Східної України спостерігається повсюдне господарсько-побутове забруднення першого від поверхні водоносного горизонту різного ступеню. Ознаками такого забруднення є високі концентрації нітратів (10–400 мг/дм<sup>3</sup>), підвищений вміст хлоридів, сульфатів і калію, присутність поверхнево-активних речовин у складі води [10]. Таке комплексне техногенне навантаження часто значно ускладнює інтерпретацію результатів моніторингу та становить проблему – як визначити дійсні джерела забруднення і встановити, хто за нього має відповідати. Наявність нетипових для нафтогазовидобувних процесів компонентів – нітратів, сульфатів, калію – звичайно є діагностичною ознакою стороннього забруднення, але, якщо відбувається змішування техногенних потоків, визначити внески всіх наявних джерел є складним завданням.

### **3.2 Характеристика систем поводження з СПВ як джерел забруднення водних об'єктів на родовищі**

Супутні пластові води (супутньо-пластові) – вода, що піднімається на поверхню разом з нафтою і газом під час їх видобування [13, 114]. СПВ є складним природним розчином, який складається з підземної води водонасиченої частини продуктивного розрізу, конденсаційної води, що формується за рахунок природної вологості газу, а також контурних і підшовних вод, які підпирають поклад і надходять у нафтогазоносні горизонти із зниженням пластового тиску.

З технологічної точки зору СПВ фактично є побічним продуктом видобування нафти і газу, іншими словами, відходом, який необхідно вилучити з вуглеводнево-водяної суміші. Вилучення СПВ відбувається шляхом сепарації та відстоювання на установках із підготовки нафти і газу.

Відділені від вуглеводнів СПВ накопичуються в спеціальних герметичних ємностях (ставках, амбарах) та по мірі накопичення перекачуються водоводами до поглинальних свердловин, де повертаються у надра. Практика закачування СПВ у надра поширена майже в усіх нафтогазовидобувних регіонах на суші і має довгу історію застосування. Існує достатньо широкий перелік можливих способів утилізації СПВ, а саме: термічне знешкодження, скидання у земляні нагромаджувачі-випарники, скидання та централізовані поля фільтрації, опріснення мембранним методом та інші [142]. Проте, ці способи мають обмеження у застосуванні, перш за все, через величину мінералізації СПВ та їхньої кількості, що утворюється на родовищі. Надзвичайно висока мінералізація СПВ на родовищах України (до 300 г/дм<sup>3</sup>) і великі обсяги їхнього утворення фактично робить всі методи, окрім повертання їх у надра, економічно дуже витратними та недоцільними.

У ході підготовки нафти і газу СПВ відокремлюються від вуглеводневої складової та спрямовуються закритою системою трубопроводів на збірний пункт у ємності для накопичення і відстоювання, а також підготовки, яка включає доведення концентрації компонентів до граничних рівнів, після чого СПВ насосами під тиском закачуються через нагнітальні свердловини у поглинальні горизонти.

Технологія повернення СПВ у надра на родовищах Східного басейну вже багато років ґрунтується на доробках УкрНДІГазу – провідної науково-дослідної установи, який забезпечує наукову, методичну та проектну підтримку нафтогазовидобувної діяльності країни. Згідно розповсюдженої практики, використовують два основних типи систем повернення СПВ у надра – системи підтримання пластового тиску (ППТ) і системи закачування СПВ у поглинальні горизонти з природно некондиційними (солоними) підземними водами.

Системи ППТ передбачають закачування СПВ у законтурну частину продуктивних пластів, що сприяє в певні мірі відновленню гідродинамічного режиму пластів, оскільки закачувана вода поповнює деяку частину



вилученого об'єму флюїду з продуктивного покладу. Найчастіше такий спосіб використовують на пізній стадії освоєння родовищ, коли пластові тиски у продуктивних горизонтах знижуються та вихід продукції з експлуатаційних свердловин зменшується [6]. Високі пластові тиски в системах ППТ (до 170 атм) зумовлюють високу частоту поривів і витоків СПВ, як на поверхню ґрунту, так і на глибині закладання водоводів з подальшою інфільтрацією до першого від поверхні водоносного горизонту. Із досліджених у роботі родовищ Східного басейну системи ППТ застосовуються на Анастасівському, Бугруватівському, Качанівському, Глинсько-Розбишівському родовищах.

У випадку закачування СПВ до поглинальних пластів вибирають такі горизонти, що мають застійний гідродинамічний режим, надійно перекриті непроникними водотривкими товщами від прісних водоносних горизонтів та містять підземні води, близькі за складом до СПВ. Для обґрунтування придатності поглинального горизонту оцінюють сумісність його пластових вод із СПВ за хімічним складом, фільтраційні властивості водовмісних порід, характеристики непроникності водотривких товщ у покрівлі та підшві. На території Східного нафтогазоносного басейну традиційно склалася практика закачування СПВ до нижньотріасової піщаної товщі, яка залягає на глибині 1500–2000 м. Даний водоносний комплекс відділений від зони активного водообміну двома регіональними водотривками – батським ярусом юрської системи та миргородською підсвітою тріасової системи, а також буферним байоським водоносним горизонтом. Води тріасового водоносного комплексу є природними хлоридними натрієвими розсолами з мінералізацією до 150 г/дм<sup>3</sup> і не придатні для питного і технічного водопостачання.

Узагальнюючи наведену інформацію, можна зазначити, що на нафтогазовому родовищі фактично формується природно-техногенна система висхідних, латеральних та низхідних потоків забруднювальних речовин із високим ступенем екологічної небезпеки (рисунок 3.2).

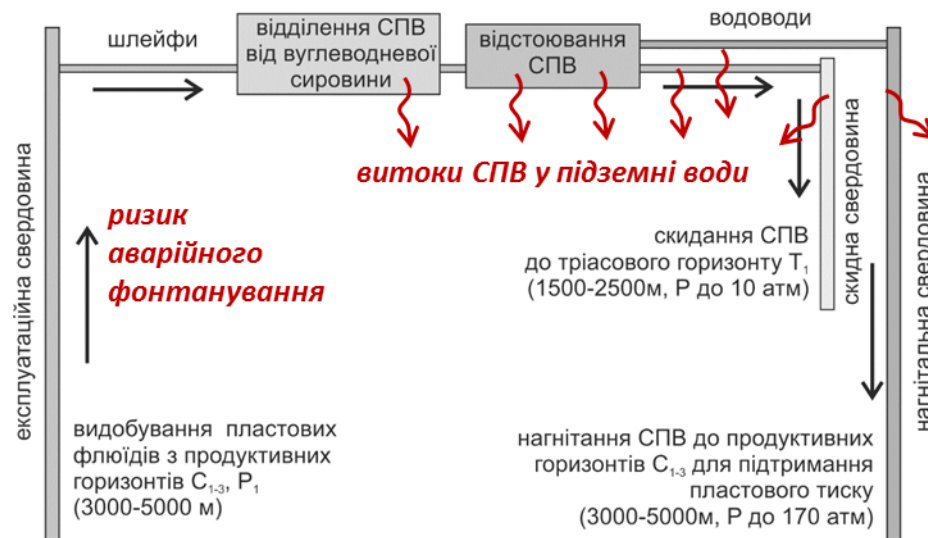


Рисунок 3.2 – Концептуальна схема системи техногенних потоків СПВ на нафтогазовому родовищі

Важливою особливістю даної системи є масштабність, як за глибиною, так і в латеральному відношенні. На етапі буріння свердловин під час розкриття продуктивних горизонтів існують ризики аварійного фонтанування пластових флюїдів, які, як правило призводять до викиду значних об'ємів вуглеводнів і пластових вод на поверхню землі, створюючи ореоли істотного забруднення ґрунтів і підземних вод на ділянці свердловини. На стадії експлуатації у нормальному режимі функціонування системи видобутку відбувається транспортування обводненої вуглеводневої продукції на значні відстані (перші км) до установок підготовки нафти і газу, а після цього на такі ж відстані відділені СПВ транспортуються до нагнітальних (поглинальних) свердловин. На родовищі формується розгалужена система водоводів, яка несе значні ризики витоків агресивних СПВ і забруднення підземних і поверхневих вод.

Контроль за поверненням СПВ у надра оснований на принципі фіксування режимних змін у гідравлічній системі від нагнітальної лінії насоса до привибійної зони поглинального горизонту [114]. Для мінімізації агресивної дії СПВ на матеріал трубопроводів та попередження витоків застосовують інгібітори корозії.

Не зважаючи на наявні системи контролю, витoki СПВ із водоводів внаслідок їхніх поривів зустрічаються часто. Офіційна статистика аварійних витоків не ведеться, але підтвердження факту витоків, причому у великій кількості, можна спостерігати на сучасних супутникових знімках у відкритому доступі. Місця витоків добре вирізняються, особливо на орних угіддях, навіть без застосування спеціальних методів класифікації зображення – це світлі плями ореолів засолення ґрунтів, розтягнуті вниз за рельєфом. Найбільш характерні приклади таких ділянок зустрічаються на старих, інтенсивно розбурених родовищах – Качанівському, Бугруватівському, Глинсько-Розбишівському, Анастасівському (рисунок 3.3).

Качанівське родовище (Сумська обл.)  
Дата зйомки 26.03.2014



Бугруватівське родовище (Сумська обл.)  
Дата зйомки 23.05.2017



Глинсько-Розбишівське родовище  
(Полтавська обл.) Дата зйомки 18.04.2013



Анастасівське родовище (Сумська обл.)  
Дата зйомки 18.04.2013



Рисунок 3.3 – Ділянки засолених ґрунтів унаслідок витоків СПВ із водоводів на родовищах Східного НГ басейну

Теоретично, вся траса будь-якого водоводу СПВ від споруд відстоювання до поглинальних свердловин є лінією можливих витоків і становить загрозу засолення ґрунтового покриву і підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту.

### **3.3 Оцінка екологічної небезпеки СПВ**

#### **3.3.1 Загальна характеристика та об'єми СПВ**

Супутні пластові води є високомінералізованими підземними водами із продуктивних горизонтів, що піднімаються на поверхню разом із нафтою і газом. Обводненість вуглеводневої продукції, тобто кількісне співвідношення води до нафтової та газової складової, залежить від геологічних умов, технології видобування та стадії освоєння родовища.

Об'єми СПВ, що видобуваються на родовищах основних нафтогазоносних басейнів світу, колосальні. Щорічний видобуток СПВ у США оцінюється приблизно в 15–20 млрд. барелів, що дорівнює 2385–3180 млн. м<sup>3</sup> (або 6,5–8,7 млн. м<sup>3</sup> на добу), які надходять із близько 1 млн. робочих свердловин. Майже 98 % видобутої пластової води у США закачується у надра для підтримання пластового тиску в продуктивних горизонтах (близько 59 % об'єму води) та у водоносні горизонти, що не використовуються для водоспоживання (40 %). Решта СПВ – 2 % – утилізується у ставках-випаровувачах, використовується у промисловості та сільському господарстві, підлягає очищенню на очисних спорудах та ін. Співвідношення видобутої СПВ до об'єму вуглеводневої продукції по штатах коливається і становить 3–50 м<sup>3</sup> води на 1 т нафти (в середньому 8,9) та 0,02–6,3 м<sup>3</sup> води на 1 тис. м<sup>3</sup> природного газу (в середньому 1,5) [178].

Реальні об'єми СПВ, що видобуваються на українських родовищах, оцінити важко, оскільки відсутній порядок збирання такої статистичної інформації на державному рівні. Різні дослідники оцінюють величину щорічного видобутку СПВ від 10 до 20 млн. тон (21–22 млн. м<sup>3</sup>) [132].

### 3.3.2 Гідрохімічні характеристики СПВ

У Східному НГ басейні основними продуктивними горизонтами, з яких видобувають вуглеводневу сировину і супутні пластові води, виступають відклади кам'яновугільного віку і, в меншому ступені, девонського, пермського та тріасового (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Продуктивні горизонти в Східному НГВ регіоні [2]

Коди горизонтів	Геологічний вік		
	Індекс	Відділ	Ярус
I-1 – I-4, J-1	T <sub>1</sub>	Нижньотріасовий	–
A-1 – A-5, A-6 – A-8	P <sub>1</sub>	Нижньопермський	Асельський
G-1 – G-13	C <sub>3</sub>	Верхньокам'яновугільний	Гжельський
K-1 – K-6			Касимівський
M-1 – M-8	C <sub>2</sub>	Середньокам'яновугільний	Московський
B-1 – B-14			Башкірський
S-1 – S-22	C <sub>1</sub>	Нижньокам'яновугільний	Серпуховський
V-14 – V-27			Візейський
T-1 – T-5			Турнейський
D-1 – D-9	D <sub>3</sub>	Верхньодевонський	Фаменський
PE	PR	Докембрій	–

За довідковими даними [2] СПВ у Східному басейні належать до хлоридного кальцієвого типу вод із мінералізацією від 50 до 350 г/дм<sup>3</sup>. Води з продуктивних горизонтів тріасу та верхньої пермі характеризуються відносно пониженою мінералізацією (близько 100 г/дм<sup>3</sup>), води з верхньодевонських покладів та тріщинуватих порід докембрійського фундаменту мають мінералізацію близько 200 г/дм<sup>3</sup>. Найбільш дослідженими є СПВ із горизонтів кам'яновугільних відкладів, де містяться основні поклади вуглеводнів у басейні. Пластові води карбону характеризуються достатньо високою варіацією за вмістом солей, що зумовлено різноманітністю геологічних умов залягання продуктивних горизонтів. У цілому простежується помітна тенденція зростання мінералізації з глибиною (рисунок 3.4а).

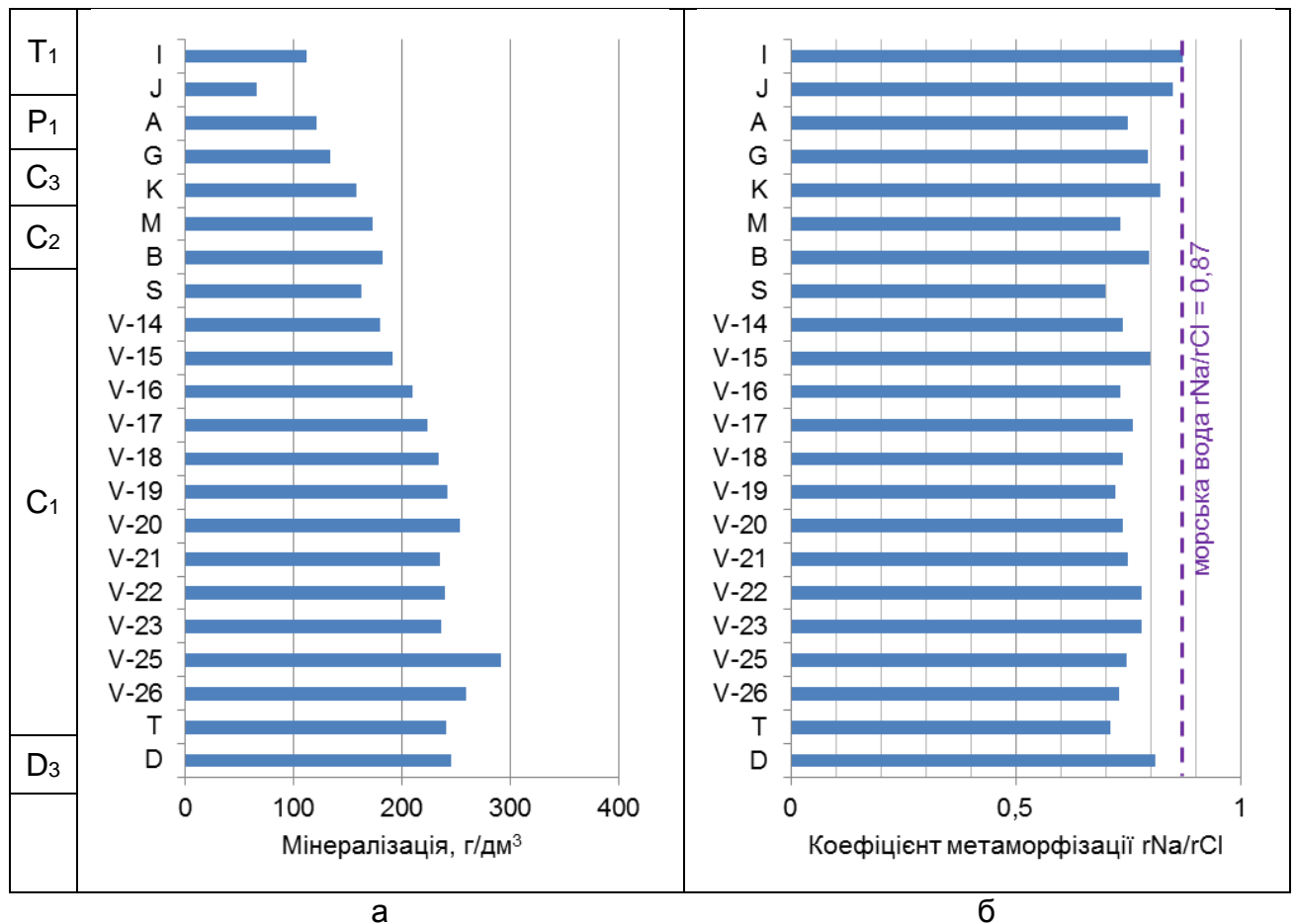


Рисунок 3.4 – Розподіл усередненої величини мінералізації (а) і коефіцієнту метаморфізації (б) СПВ з глибиною по продуктивних горизонтах (I–D) (узагальнено автором за даними [2])

Сольовий склад підземних вод продуктивних горизонтів свідчить, що вони є переважно результатом поховання давніх морських розсолів, які протягом геологічної історії осадо накопичення у Дніпровсько-Донецькій западині піддавалися певній трансформації. Ще на стадії діагенезу розсоли зазнавали десульфатизації і накопиченню хлоридів і натрію шляхом магній-кальцієвого обміну в ході вторинної доломітизації вапняків. У випадку близькості соленосних галітових товщ та соляних куполів на наступних етапах недонасичені розсоли зазнавали вторинного засолення. У той же час могло відбуватися опріснення підземних вод глибоких горизонтів за рахунок дегідратації мінералів під час діагенезу, винесення води у розчиненому вигляді з газами з великих глибин та підкорових зон [126, 127].

Для оцінювання ступеню трансформації підземних вод, які утворилися внаслідок поховання морських вод, використовують коефіцієнт метаморфізації ( $r_{Na/rCl}$ ), тобто відношення вмісту натрію до вмісту хлоридів у еквівалентній формі. Сучасна океанічна вода в середньому містить  $19354 \text{ мг/дм}^3$  хлоридів і  $10770 \text{ мг/дм}^3$  натрію [186], що відповідає значенню коефіцієнту  $r_{Na/rCl}$  у 0,87. Найближчі до сучасної морської води значення  $r_{Na/rCl}$  властиві водам тріасових відкладів, тобто наймолодшим у басейні за геологічним віком. Більш глибокі та древніші води у відкладах пермі, карбону та девону зазнали помітно більшої трансформації у ході глибокого катагенезу протягом геологічної історії формування Дніпровсько-Донецької западини – коефіцієнти їхньої трансформації перебувають у діапазоні 0,5–0,8 (рисунк 3.4б, 3.5) із середнім значенням 0,67 ( $n = 166$  вимірювань).

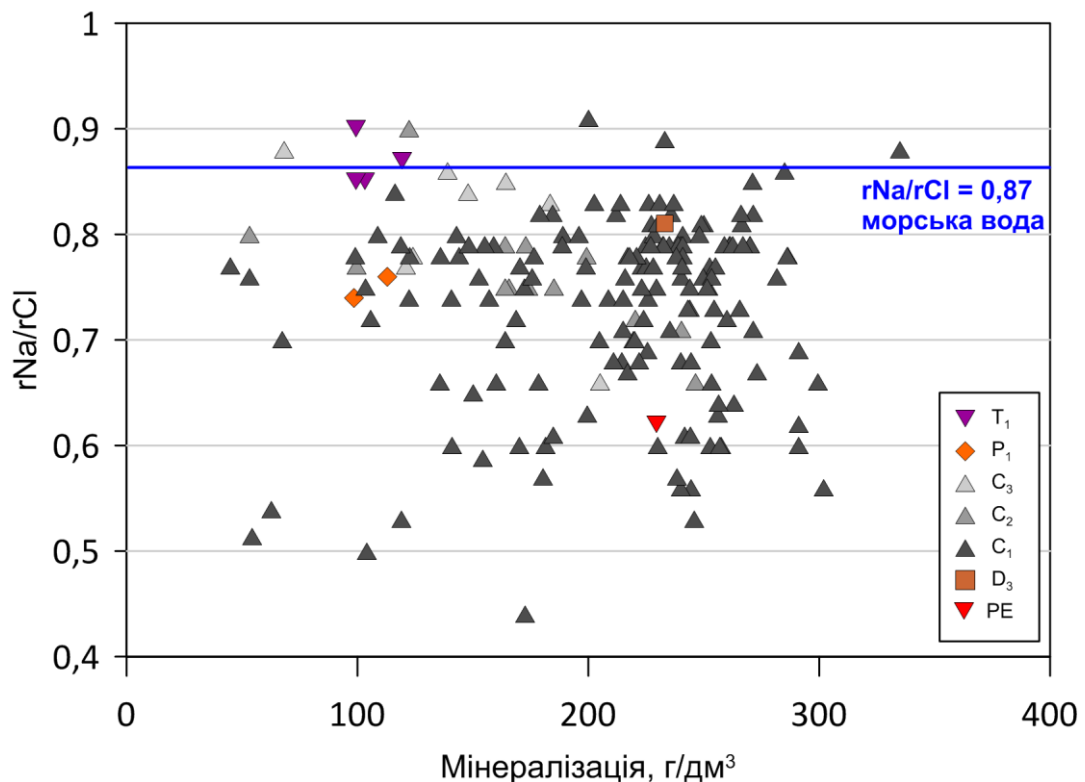


Рисунок 3.5 – Мінералізація та коефіцієнт метаморфізації СПВ Східного НГ басейну (узагальнено автором за даними [2])

Досліджені у роботі СПВ характеризуються також достатньо широким діапазоном коефіцієнту метаморфізації – від 0,31 до 0,98, але більшість



значень становить 0,6–0,8 (рисунок 3.6), що відповідає результатам інших дослідників [73] та статистичним даним з родовищ Східного басейну [2].

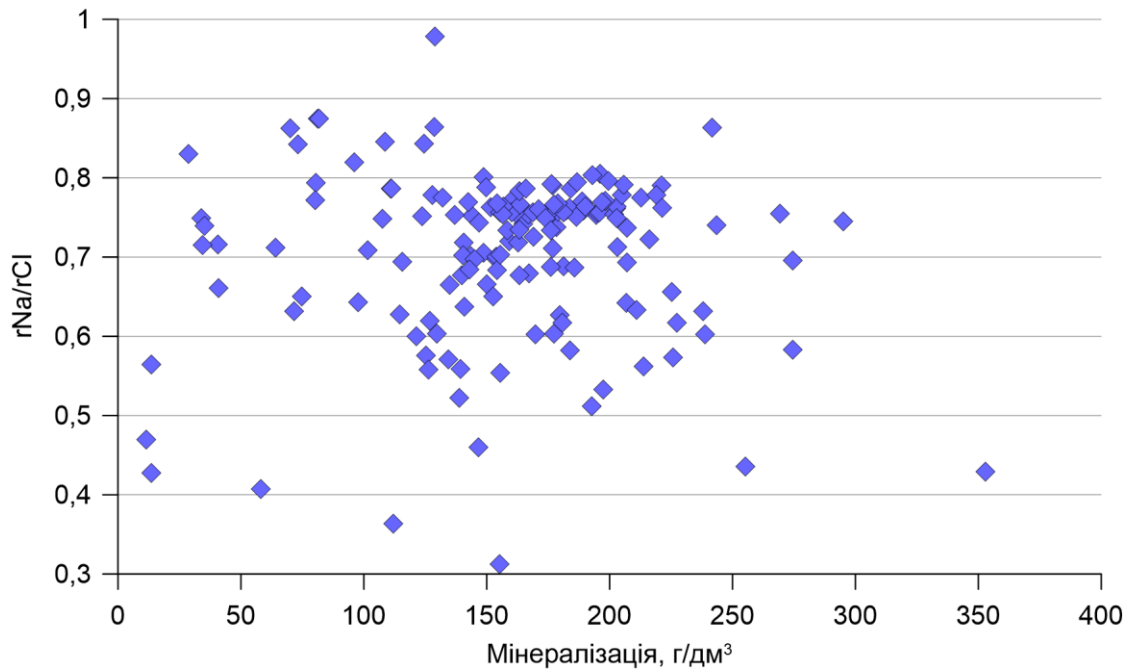


Рисунок 3.6 – Коефіцієнт метаморфізації СПВ на окремих родовищах за власними дослідженнями

Коефіцієнт метаморфізації  $rNa/rCl$  також використовують для оцінювання зв'язку між глибокими водоносними горизонтами зони утрудненого водообміну з приповерхневими горизонтами зони активного водообміну. Високомінералізовані підземні води артезіанських басейнів, які мають генетичний зв'язок є морськими розсолами, характеризують значеннями коефіцієнту  $rNa/rCl$ , близькими до морської води – 0,8–0,9. Води прісного складу, що зазнають активного водообміну з атмосферними опадами, відрізняються в бік підвищення цього коефіцієнту до 2,0–9,0 і більше [73].

У зв'язку зі своїм морським походженням СПВ містять високі концентрації аніоногенних компонентів (Br, I, B), сполук вилугування з глинистих мінералів (K, Li), продуктів трансформації органічної речовини (NH<sub>4</sub>). Діапазони концентрацій цих другорядних і мікрокомпонентів у СПВ досить широкі (таблиця 3.2), оскільки зумовлені різноманітністю геохімічних умов як у вертикальному, так і латеральному напрямках.



Таблиця 3.2 – Показники СПВ родовищ Східного НГ басейну (узагальнено автором за даними [2])

Показник	M, г/дм <sup>3</sup>	ρ, г/см <sup>3</sup>	рН	rNa/rCl	Вміст компонентів, мг/дм <sup>3</sup>					
					I	Br	B	K	NH <sub>4</sub>	Li
min	30	1008	4,0	0,18	0,035	0,033	0,017	20	0,99	0,99
max	497	1219	7,6	0,91	77,9	485	427,5	5000	353	20
середнє	206	1137	5,9	0,74	13,4	157,5	20,7	781,5	115,8	14,1
ст. відх.	65	44	0,8	0,09	13,4	83,4	38,3	841,0	58,8	5,6

Підвищений вміст мікрокомпонентів – Li, Sr, Rb, Cs – у складі пластових вод фіксується гідрогеологічними дослідженнями як у Карпатському (Західному) НГ басейні [70, 84], так і Дніпровсько-Донецькому (Східному) [2, 3, 121]. Багато дослідників доводять доцільність використання цих компонентів як ознак нафтогазоносності, а також розглядають пластові води в якості промислового джерела таких речовин, як I, Br, B тощо [4, 16, 119, 131].

Власні дослідження автора і його колег, проведені під час гідрохімічного моніторингу на окремих родовищах Східного нафтогазоносного басейну, також підтверджують основні характеристики СПВ – хлоридний кальцієво-натрієвий склад із мінералізацією 30–200 г/л і високими концентраціями (що перевищують ГДК для питних вод у десятки і сотні разів) таких рухомих і токсичних сполук як хлориди, бром, натрій, стронцій, літій (таблиця 3.3, 3.4).

Таблиця 3.3 – Діапазони вмісту макрокомпонентів у складі СПВ на окремих родовищах Східного басейну (результати власних досліджень)

Родовище	Вміст компонентів, мг/дм <sup>3</sup>							Мінер-я, мг/дм <sup>3</sup>
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	
Васищівське	200– 310	6900– 17300	3–60	2100– 9300	1500– 2300	63– 120	50– 250	11470– 28600
Острроверхівське	120– 360	36000– 130000	11– 110	9500– 60000	7500– 12900	760– 1260	350– 1250	58200– 203250
Єлизаветівське	160	95000	2	43000	13000	1660	540	153510
Ігнатівське	130– 480	24800– 120000	2–30	11500– 43000	2300– 30000	950– 1500	510– 850	40500– 192760
Мехедівсько- Голотовщинське	260– 480	20500– 47500	4–50	9500– 23750	2500– 8500	150– 350	60– 550	33980– 80300

Кінець таблиці 3.3

Родовище	Вміст компонентів, мг/дм <sup>3</sup>							Мінер-я, мг/дм <sup>3</sup>
	НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	СГ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	
Новотроїцьке	160	148 000	190	60 600	26 300	1630	580	238 120
Опішнянське	220–320	84 000	15–79	34 700	15 600	3400	1600	140 840
Тимофіївське	40	139 000	30	55 600	30 300	880	880	227 460
Качанівське	6–380	73 800–187 960	3,5–130	20 000–69 622	4 589–110 034	900–2944	100–730	111 525–221 268
Рибальське	12–866	67 817–150 134	3,3–393	31 250–76 525	6 250–26 303	821–2349	308–850	110 992–243 820
Бугруватівське	61–146	80 370–158 776	3,8–100	31 250–71 909	7 000–13 924	1800–8026	220–400	120 853–252 850
Анастасівське	40–336	92 300–170 208	77,4–1225	33 100–76 524	4 250–36 072	1200–2476	187–1900	138 662–274 900
ГДК для питних вод [25]	–	250	250	200	–	–	20	1000
Частки ГДК	–	82–752	1–5	48–383	–	–	3–95	34–275

Таблиця 3.4 – Діапазони вмісту мікрокомпонентів у складі СПВ на окремих родовищах Східного басейну (узагальнено за даними [2] та результатами власних досліджень)

Родовище	Вміст компонентів, мг/дм <sup>3</sup>				
	Г	Br <sup>-</sup>	B <sup>-</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Li <sup>+</sup>
Васищівське	н/д	н/д	н/д	70–200	1,5–3,1
Островецьке	7,0	33	17	460–990	3,6–7,8
Єлизаветівське	10,55	н/д	н/д	150	1,1
Ігнатівське	30–74	108–258	14–20,7	12,5–200	0,35–3,9
Мехедівсько-Голотовщинське	6,35	113,2	н/д	60–800	1,4–3,3
Новотроїцьке	7,35	231	17,4	660	2,8
Опішнянське	6,3–37	33–384	11,2–43,6	530	3,0
Тимофіївське	5,2–12	70–203	16,2–28,7	720	4,9
Качанівське	0,2–15,2	53–483	4–200	260–630	1,5–7,0
Рибальське	2–76	50–402	5–100	36–420	3,5–6,0
Бугруватівське	5–31	130–160	20–70	280–440	3,2–4,4
Анастасівське	2,5–21,2	40–180	10–50	100–1000	1,1–7,8
ГДК для питних вод [25]	0,03	0,2	0,5	7,0	0,03
Частки ГДК	7–2500	165–2415	8–400	2–143	12–260

Примітка. н/д – немає даних

Більшість вищенаведених компонентів СПВ є дуже рухливими у водному середовищі, що зумовлює високу небезпеку СПВ як забрудника довкілля. Здатність компонентів СПВ до міграції у водному середовищі можна оцінити за коефіцієнтом водної міграції:

$$K_B = \frac{C_B}{C_{\text{кларк}}}, \quad (3.1)$$

де  $K_B$  – коефіцієнт водної міграції;

$C_B$  – масова концентрація компонента у воді, %;

$C_{\text{кларк}}$  – масова концентрація компонента в земній корі (кларк), %.

Згідно рядів геохімічної міграції О.І.Перельмана за величиною коефіцієнту водної міграції  $Cl^-$ ,  $B^-$ ,  $Br^-$  та  $I^-$  мають дуже сильну інтенсивність міграції ( $K_B$  становить порядку  $n \cdot 10 - n \cdot 100$ );  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Sr^{2+}$  виявляють сильну інтенсивність міграції ( $K_B$  становить  $n^0 - n \cdot 10$ ),  $K^+$  та  $Li^+$  мають середню інтенсивність міграції ( $K_B$  становить  $n \cdot 10^{-1} - n^0$ ) [83]. Найбільш характерним забрудником серед інших виступає хлорид-іон, майже ідеальний мігрант, який практично не сорбується гірськими породами, не захоплюється біотою і, фактично, не має фізико-хімічних міграційних бар'єрів, окрім, випарного.

За умов такого складу навіть незначні обсяги втрат СПВ призводять до суттєвих змін у складі прісних підземних вод верхнього гідрогеологічного поверху (водоносні горизонти та комплекси четвертинних, неогенових і палеогенових відкладів). Кратність розбавлення прісних вод пластовою водою можна оцінити за формулою [171]:

$$C_{\text{зміш.}} = \frac{V_{\text{пов.}} \cdot C_{\text{пов.}} + V_{\text{СПВ}} \cdot C_{\text{СПВ}}}{V_{\text{пов.}} + V_{\text{СПВ}}}, \quad (3.2)$$

де  $V_{\text{пов.}}$ ,  $V_{\text{СПВ}}$  – об'єми поверхневої води та СПВ, що змішуються,  $m^3$ ;

$C_{\text{пов.}}$ ,  $C_{\text{СПВ}}$  – концентрації хімічних речовин у поверхневих водах та СПВ, відповідно,  $г/м^3$ ;

$C_{\text{зміш.}}$  – концентрація хімічних речовин у суміші,  $г/м^3$ .

За умов потрапляння лише 2 дм<sup>3</sup> хлоридних кальцієво-натрієвих СПВ (усереднений вміст Cl<sup>-</sup> 120 г/дм<sup>3</sup>, Na<sup>+</sup> 51 г/дм<sup>3</sup>, Sr<sup>2+</sup> 417 мг/дм<sup>3</sup>, Li<sup>+</sup> 9,5 мг/дм<sup>3</sup>) до незабрудненої поверхневої водойми з прісною водою гідрокарбонатного кальцієвого складу (усереднений вміст Cl<sup>-</sup> 60 мг/дм<sup>3</sup>, Na<sup>+</sup> 120 мг/дм<sup>3</sup>, Sr<sup>2+</sup> 1,0 мг/дм<sup>3</sup>, Li<sup>+</sup> 0,008 мг/дм<sup>3</sup>), відбудеться змішування і підвищення концентрацій Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Li<sup>+</sup> до меж на рівні ГДК для питних вод: Cl<sup>-</sup> 302 мг/дм<sup>3</sup> (ГДК 250 мг/дм<sup>3</sup>), Na<sup>+</sup> 220 мг/дм<sup>3</sup> (ГДК 200 мг/дм<sup>3</sup>), Sr<sup>2+</sup> 2,0 мг/дм<sup>3</sup> (ГДК 7,0 мг/дм<sup>3</sup>), Li<sup>+</sup> 0,03 мг/дм<sup>3</sup> (ГДК 0,03 мг/дм<sup>3</sup>).

Через підвищений вмісту стронцію в СПВ виникає додатковий ризик впливу на здоров'я водоспоживачів у зоні можливих витоків. Як відомо, у міграційних процесах, у тому числі в водному середовищі, стронцій виявляє геохімічні властивості подібні до кальцію. Це призводить до негативного ефекту заміщення кальцію стронцієм в організмі людини у разі споживання води з підвищеним вмістом Sr<sup>2+</sup>. Згідно експертних оцінок, при співвідношенні Ca/Sr < 100:1, спостерігається ризик виникнення урівської хвороби – ураження кісток і суглобів [71, 87]. За результатами наших досліджень співвідношення Ca/Sr у СПВ значно зміщене в бік Ca<sup>2+</sup> за рахунок його надзвичайно високих концентрацій як макрокомпонента. Але, у помірно та слабо забруднених природних водах при менших концентраціях розчинених солей цей коефіцієнт може помітно змінюватися у бік стронцію, створюючи ризик негативного впливу на здоров'я водоспоживачів.

### 3.3.3 Ізотопний склад СПВ

Стабільні важкі ізотопи водню (<sup>2</sup>H або D) та кисню (<sup>18</sup>O) широко використовуються в гідрологічних та екологічних дослідженнях для встановлення особливостей балансу водних об'єктів, умов їхнього живлення та водообміну [155]. Головною перевагою ізотопних методів у дослідженнях вод є їхня консервативність, оскільки зміна співвідношень вмісту важких та легких ізотопів (фракціонування) у воді визначається на поверхні землі практично єдиним процесом – фазовими переходами води. В процесі

випаровування залишкова рідина збагачується важкими ізотопами відносно пару, і навпаки – під час конденсації [130].

Ізотопний склад підземних вод глибоких горизонтів є потужним інструментом для встановлення походження вод. Ізотопні співвідношення дозволили визначити, що у багатьох седиментаційних басейнах пластові води мають складну історію утворення хімічного складу і є сумішшю захоронених морських розсолів із водами атмосферного походження [165].

Результати визначень ізотопного складу водню до кисню в природних водах представляють щодо умовного еталона, в якості якого прийнято міжнародний стандарт ізотопів води (SMOW), запропонований Крейгом Г. у 1961 р. [148]. Стандарт SMOW (Standard Mean Ocean Water) представляє собою усереднену пробу океанічної води, відібраної з Атлантичного, Тихого та Індійського океанів в інтервалі глибин від 500 до 2000 м, в районах, віддалених від континентального стоку, і ретельно перемішаної. Пізніше цей стандарт був уточнений Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ) шляхом міжлабораторного контролю, і на даний час набув позначення VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water). У стандартній океанічній воді вміст важких ізотопів є відносно високим:  ${}^2\text{H}/{}^1\text{H} = (155,76 \pm 0,05) \cdot 10^{-6}$  [155].

Виміряні на мас-спектрометрі співвідношення  ${}^2\text{H}/{}^1\text{H}$  та  ${}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$  переводять у величину  $\delta$ , яка відображає відхилення ізотопного складу досліджуваного зразку  $R_{\text{зраз}}$  від ізотопного складу стандарту  $R_{\text{VSMOW}}$ . Вміст ізотопів водню і кисню в природних водах зазвичай представляють у відносних одиницях в проміле (‰) та розраховують за рівнянням

$$\delta (\text{D або O}^{18}) = \left[ \frac{R_{\text{зраз}}}{R_{\text{VSMOW}}} - 1 \right] \cdot 10^3, \quad (3.3)$$

де  $R_{\text{зраз}}$  та  $R_{\text{VSMOW}}$  – відношення D/H або  ${}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$  в досліджуваному зразку та в стандарті VSMOW відповідно.

На сьогоднішній день існує дуже мало відомостей щодо ізотопного складу пластових вод Дніпровсько-Донецької западини. Основним джерелом

даних є роботи радянських фахівців під керівництвом Ветштейна В. Ю., які досліджували стабільні ізотопи кисню і водню у підземних водах, поверхневих водах і атмосферних опадах України, у тому числі у Східному басейні [9]. Результати їх досліджень показали, що пластові води палеозойських товщ, які є основним резервуаром для покладів нафти і газу в басейні, характеризуються помітно підвищеним вмістом важких ізотопів (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Узагальнені дані щодо ізотопного складу пластових вод Дніпровсько-Донецької западини за Ветштейном В. Ю. [9]

Показник	Водоносні комплекси			
	D, P <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
мін. $\delta^{18}\text{O}$ , ‰	-6,7	-6,1	-5,1	-7,2
макс. $\delta^{18}\text{O}$ , ‰	-1,9	1,1	-0,5	0,1
серед. $\delta^{18}\text{O}$ , ‰	-4,3	-2,8	-2,60	-3,6
мін. $\delta^2\text{H}$ , ‰	-56	-51	-38	-46
макс. $\delta^2\text{H}$ , ‰	-14	-8	-4	-10
серед. $\delta^2\text{H}$ , ‰	-38	-28	-17	-33
Мінералізація, г/дм <sup>3</sup>	175–282	78–320	146–204	150–199
Інтервал, м	2260– 3812	2627– 4390	1885– 2665	1939– 2247
Частка інфільтраційної складової, %	14,7–58,9	8,4–53,5	4,2–40,0	10,5–58,0

Поверхневі води та атмосферні опади при цьому були істотно збіднені важкими ізотопами у порівнянні з пластовими водами – вміст дейтерію в них становив від -70 ‰ до -60 ‰ із середнім значенням в -70 ‰, а вміст кисню-18 коливався у діапазоні від -10,9 ‰ до -6,4 ‰ із середнім значенням в -9,7 ‰.

Співставлення ізотопного складу пластових вод палеозою, поверхневих вод і атмосферних опадів дозволило Ветштейну В. Ю. підтвердити, що пластові води палеозойських відкладів із мінералізацією 80–300 г/л, які залягають у зоні утрудненого водообміну на глибинах 1939–4390 м, у більшості мають ізотопний склад кисню і водню близький до сучасних океанічних і морських вод. Тим не менше, за проведеними розрахунками

частка інфільтраційної складової метеорного походження в окремих випадках становила до 58 %. При цьому, дослідники зазначають, що змішане (морське та метеорне) походження розсолів формувалося не в результаті привнесення у пласт сучасних метеорних вод, а відбувалося у ході еволюції седиментаційного басейну під час розбавлення *in situ* морської води метеоінфільтрогенними водами різного складу. Хоча, автори не виключають можливість ізотопного розбавлення хлоридних-кальцієвих розсолів палеозою інфільтраційними водами в областях неглибокого залягання водовмісних порід, в районах відсутності та виклінювання регіональних водотривів.

Значно пізніше відомі у регіоні фахівці в сфері нафтогазової гідрогеології Терещенко В. А. та Кривошея В. А. опублікували результати визначень ізотопного складу води з водоносних горизонтів крейди, юри, тріасу, пермі, карбону, девону та тріщинуватих зон докембрійського фундаменту в різних частинах Дніпровсько-Донецького басейну в інтервалі глибин від 104 до 5725 м [128]. Дослідники показали, що ізотопний склад верхнього і нижнього гідрогеологічних поверхів чітко відрізняється. Води верхнього поверху є інфільтрогенними, тому характеризується більш легким ізотопним складом ( $\delta^2\text{H}$  від -70 до -130 ‰,  $\delta^{18}\text{O}$  від -8 до -14 ‰). Води перехідної зони від верхнього гідрогеологічного поверху до нижнього мають проміжний ізотопний склад між інфільтрогенними і седиментогенними водами ( $\delta^2\text{H}$  від -60 до -80 ‰,  $\delta^{18}\text{O}$  від -6 до -10 ‰), що, на думку авторів, відображає їх змішане походження. Води нижнього гідрогеологічного поверху в інтервалі глибин від 1000 до 5725 м відповідають за ізотопним складом седиментогенним водам нафтогазоносних горизонтів різних басейнів США, Росії та інших країн за літературними даними.

Не зважаючи на ускладненість формування ізотопного складу пластових вод, можна впевнено стверджувати, що у переважній більшості випадків вони однозначно відрізняються за ізотопним складом від приповерхневих водоносних горизонтів та поверхневих вод. Це дає змогу використовувати стабільні ізотопи дейтерію та кисню-18 як надійні маркери

присутності компонентів пластових вод в інших водних середовищах. Більше того, співставлення ізотопних співвідношень дозволяє кількісно оцінити частку привнесених пластових вод у забруднені підземні води.

Дослідження ізотопного складу поверхневих вод вперше після робіт Ветштейна В. Ю. дозволили нам отримати детальну ізотопну характеристику вод у регіоні [11, 151, 189, 192]. Локальна лінія метеорних вод (LMWL) Харківської області виявилася близькою до глобальної лінії метеорних вод (GMWL), яка характеризує загальний усереднений склад атмосферних опадів за рівнянням Крейга:  $\delta^2\text{H} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10$  [148]. Невелике відхилення локальної лінії метеорних вод у бік важких ізотопів (рисунок 3.7) вказує на присутність ефекту випаровування, зумовленого кліматичними особливостями регіону, зокрема, кількісним переважанням випаровування над опадами, та віддаленістю від океанічного узбережжя, а також антропогенним впливом через зарегульованість річкового стоку та створення водосховищ із значною площею водної поверхні.

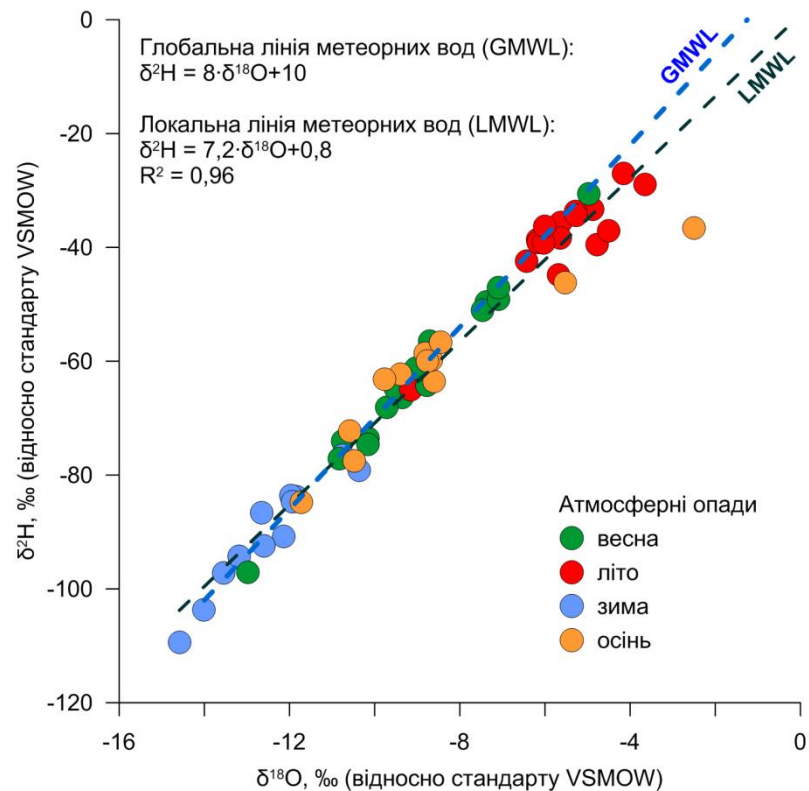


Рисунок 3.7 – Ізотопні характеристики атмосферних опадів на території Харківської області



Завдяки ефекту випаровування та фракціонування ізотопів атмосферні опади чітко відрізняються за ізотопним складом по сезонах – зимові опади характеризуються відносно низьким вмістом важких ізотопів, а літні – навпаки, збагачені важкими ізотопами.

Ізотопний склад поверхневих вод регіону характеризується чітко вираженим ефектом випаровування відносно атмосферних опадів. На рисунку 3.8 видно, що точки поверхневих вод формують лінію локального випаровування з видимим ухилом від глобальної та локальної ліній метеорних вод.

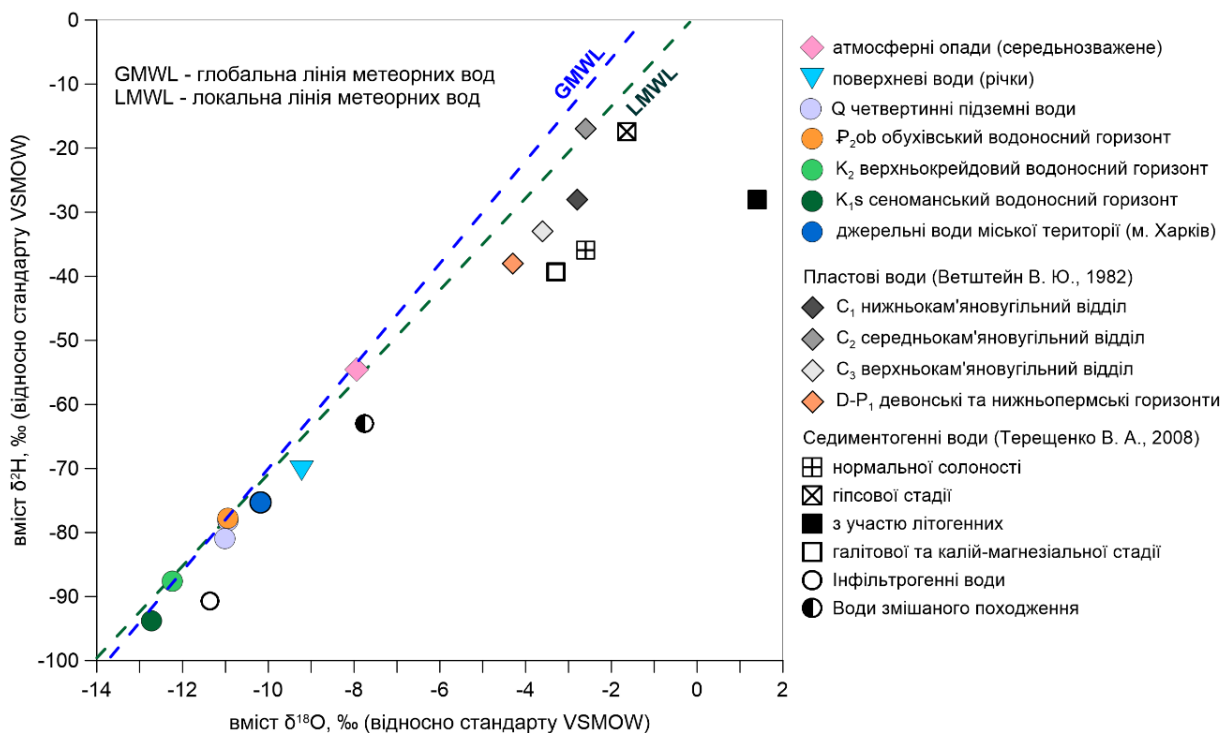


Рисунок 3.8 – Ізотопні характеристики поверхневих і підземних вод на території досліджень (склад палеозойських підземних вод наведений за даними [9, 128])

Підземні води четвертинних, неогенових, олігоценних та еоценових відкладів, що розвантажуються в регіоні джерелами та повсюдно експлуатуються колодзями, показали ізотопний склад переважно на лінії локальних метеорних вод. Це прямо свідчить про атмосферне живлення верхніх водоносних горизонтів та відсутність або незначність інших джерел

їхнього живлення – інфільтрації поверхневих вод, висхідної фільтрації з нижніх горизонтів. Із загальної картини випадають міські джерела – ізотопні співвідношення чітко показали їхню відмінність у бік збагачення важкими ізотопами. Зазначений ефект добре пояснюється змішаним живленням підземних вод на міських територіях за рахунок численних витоків із водопровідних комунікацій.

Поодинокі проби з більш глибоких питних водоносних горизонтів – канівсько-бучацького та сеноман-нижньокрейдового – показали найнижчий вміст важких ізотопів у порівнянні з пробами зі всіх інших водних об'єктів. Враховуючи темпи водообміну даних горизонтів, які становлять 1500–2000 та 6000–18000 років відповідно [14], очевидно, що такий ізотопний склад відображає ізотопну характеристику тих атмосферних опадів, що жили дані горизонти у минулому. Хоча, для отримання більш достовірних висновків, необхідна більша кількість проб із даних горизонтів.

Глибокі палеозойські підземні води різко відрізняються від всіх інших досліджених вод у бік істотно високого вмісту важких ізотопів дейтерію та кисню-18. Деякі проби за ізотопами відповідають ізотопному складу океанічної води (значення  $\delta^2\text{H}$  та  $\delta^{18}\text{O}$  наближаються до 0). Така різка відмінність робить ізотопні показники цінними маркерами у разі змішування приповерхневих вод, які відносно збіднені важкими ізотопами, та глибинних розсолів, які відносно збагачені ними. На поверхні землі та в зоні активного водообміну відсутні інші води з такими високими значеннями  $\delta^2\text{H}$  та  $\delta^{18}\text{O}$ , що підвищує цінність даних показників як індикаторів присутності СПВ у суміші з приповерхневими водами.

### **Висновки до розділу 3**

1. Негативний вплив нафтогазовидобувної діяльності на об'єкти гідросфери носить комплексний характер і залежить від особливостей видобувних технологій, стадії розробки родовища та інших технологічних

характеристик. Кінцевими об'єктами негативного впливу виступають джерела водопостачання та водні екосистеми, розташовані на шляху потоків забруднювальних речовин із поверхневим та підземним стоком.

2. Встановлено, що найбільші ризики забруднення природних вод виникають на майданчиках буріння та освоєння нафтогазових свердловин [51], ділянках аварійного фонтанування свердловин [50] та місцях експлуатації систем підготовки та повернення СПВ у надра [61].

3. Доведено, що ключовими джерелами забруднення підземних і поверхневих вод на об'єктах нафтогазопромислового комплексу є системи поводження з СПВ, які фактично формують на родовищі системи висхідних, латеральних і низхідних техногенних потоків високомінералізованих вод із високим ступенем екологічної небезпеки і ризиками витоків. Підтверджено, що за хімічним складом СПВ різко відрізняються від підземних вод зони активного водообміну надзвичайно високими концентраціями  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$  і величиною мінералізації на рівні 30–750 ГДК для питних вод [47]. Висока хімічна агресивність, наявність у складі рухомих забруднювальних речовин у високій концентрації, значна розгалуженість систем підготовки і транспортування дозволяють вважати СПВ екологічно найнебезпечнішим забрудником на ділянках експлуатації нафтогазопромислових об'єктів, як підземних і поверхневих вод [48], так і ґрунтового покриву [154, 199]. Визначено, що окрім високого солевмісту, СПВ вирізняються помітно підвищеною концентрацією важких стабільних водних ізотопів  $^{18}\text{O}$  і  $^2\text{H}$  у порівнянні з поверхневими водами та неглибокими підземними водами інфільтрогенного походження [189, 192].

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ВОД НА РОДОВИЩАХ СХІДНОГО БАСЕЙНУ

#### 4.1 Загальні закономірності складу забруднених вод на досліджених родовищах

Досліджений набір даних із результатів проведеного нами моніторингу на нафтогазових родовищах включав проби, відібрані з поверхневих водойм і водотоків та підземних водоносних горизонтів зони активного водообміну, які використовуються для господарсько-питного водопостачання, а саме:

- перший від поверхні безнапірний водоносний комплекс (грунтові води) у четвертинних еолово-делювіальних суглинистих відкладах на вододільних місцевостях та в алювіальних піщаних відкладах у долинах річок (глибина статичних рівнів від 5 до 30 м у залежності від позиції в рельєфі);

- міжпластові, переважно напірні водоносні горизонти у полтавських пісках новопетрівської та березької світ ( $P_3-N_1$ ) на глибині 20–40 м; харківських піщаних та алевритових відкладах межигірської та обухівської світ ( $P_{2ob}-P_{3m\check{z}}$ ) на глибині 30–60 м; піщаних відкладах канівської та бучацької світ еоцену ( $P_{2kn}-b\check{c}$ ) на глибині 80–120 м.

Найбільшою кількістю проб охарактеризовано четвертинний горизонт (грунтові води), оскільки сюди увійшли спеціальні спостережні свердловини, споруджені для моніторингових досліджень на ділянках нафтогазопромислових об'єктів, та численні колодязі громадян у селах. Загальна кількість проаналізованих проб із четвертинних відкладів становила близько 6000 (60% від загальної кількості проб у БД моніторингу).

Більш глибокі міжпластові водоносні горизонти – полтавський, харківський і канівсько-бучацький – охарактеризовані значно меншою кількістю проб з причин відносно невеликої кількості свердловин,

споруджених на них. Це, в основному, артезіанські водозабірні свердловини водопостачання у населених пунктах та на промислах нафти і газу. Кількість досліджених проб із полтавського, харківського і канівсько-бучацького горизонтів становила 54, 692 і 708 проб відповідно (у сумі 15 % від загальної кількості проб у БД).

На першому етапі аналізу бази даних ми виокремили три характерні групи проб із різним рівнем забруднення за показником мінералізації води. До першої групи (А) ми віднесли солоні та сильно солонуваті підземні води та поверхневі води з мінералізацією від 10 до 130 г/л, рівень забруднення яких за мінералізацією та вмістом іонів  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$  можна вважати екстремально високим (перевищення ГДК в 100 і більше разів) та високим (перевищення ГДК в 10–100 разів) згідно градацій, які раніше використовувалися в Керівництві [59]. Сумарна кількість досліджених проб природних вод такого рівня забруднення за всі роки спостережень становила 327 (3,3 %). Друга група (Б) охопила помірно-солонуваті та солонуваті води, мінералізація яких становила від 3 до 10 г/л, а рівень забруднення – помірний або слабкий (перевищення ГДК в 2–10 разів). Загальна кількість проб підземних і поверхневих вод із цієї групи становила 714 (7,3 %). Нарешті, третя група (В) увібрала проби слабосолонуватих та прісних вод, в яких забруднення або не зафіксовано, або виражено дуже слабо. Вибірка таких проб була найбільш великою за кількістю – 8654 (88,5 %) (рисунок 4.1).

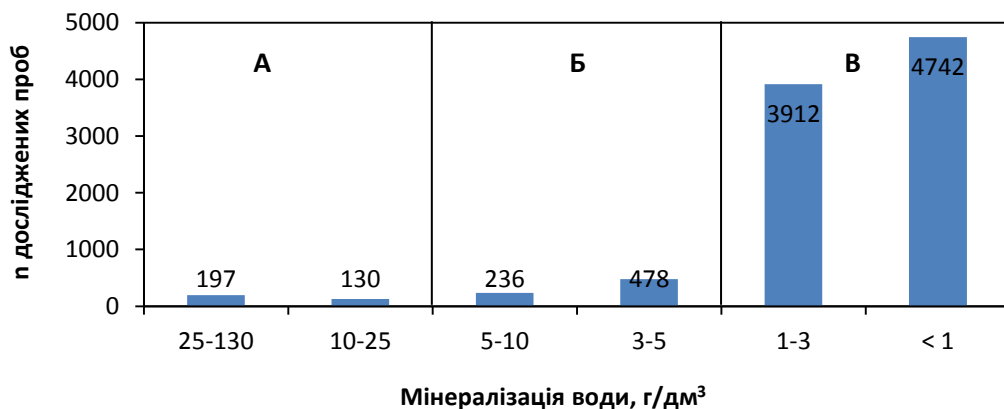


Рисунок 4.1 – Розподіл кількості досліджених проб підземних і поверхневих вод за рівнем мінералізації

У територіальному плані осередки забруднення підземних і поверхневих вод найбільш високого рівня приурочені до крупних нафтогазопромислових вузлів, які мають довгу історію видобувної діяльності в басейні та розвинену інфраструктуру промислових об'єктів – Качанівське нафтове родовище (Охтирський район, Сумська область), Бугруватівське нафтове і Рибальське нафтогазоконденсатне родовища (Охтирський район, Сумська область), Глинсько-Розбишівське нафтогазоконденсатне родовище (Гадяцький і Лохвицький райони, Полтавська область), Анастасівське нафтогазоконденсатне родовище (Роменський район, Сумська область), Кибинцівське нафтове та Сагайдацьке нафтогазове родовища (відповідно Миргородський та Шишацький райони, Полтавська область).

Найзначнішим серед досліджених за площею та масштабами впливу можна вважати Качанівський нафтопромисловий вузол (Охтирський район Сумської області). На території Качанівського родовища на відносно невеликій площі зосереджені технологічні об'єкти видобування, підготовки, переробки вуглеводневої сировини, а також системи утилізації СПВ. Сучасне техногенне навантаження на даній території ускладнюється наявністю ділянок аварійних свердловин №35 і 65, які утворилися внаслідок крупних аварій під час буріння у 1960-х роках [61]. Схожі об'єкти досі створюють техногенний фон у підземних водах і на Рибальському родовищі (кратери аварійних свердловин №5 і №111) [50]. Решта вищезгаданих родовищ характеризуються розвинутою системою повернення СПВ у надра, яка складається із мережі водоводів, насосних станцій та поглинальних свердловин, та діє вже багато років.

Досліджені підземні води характеризувалися дуже широким діапазоном мінералізації – від 200 мг/дм<sup>3</sup> до 130 000 мг/дм<sup>3</sup> – та широким спектром типів води за хімічних складом. Очікувано, підземні води першого від поверхні водоносного горизонту, які відбиралися із спеціальних спостережних свердловин, колодязів та каптажів джерел, мали найвищу варіацію в якісному складі.

Більш глибокі міжпластові підземні води, які відбиралися із свердловин водопостачання, завдяки більшій стабільності свого гідродинамічного та гідрохімічного режимів, показали значно меншу варіацію та більшу консервативність як у регіональному плані, так і за глибиною залягання.

Хімічний склад підземних та поверхневих вод групи А з найвищими рівнями забруднення (мінералізація  $M$  – від 10 до 130 г/дм<sup>3</sup>) представлений на рисунку Б.1 в Додатку Б. Всі без винятку досліджені проби цієї групи характеризуються хлоридним типом вод. В аніонному складі хлориди складають більше 90 %-екв. практично в усіх пробах. У катіонному складі основна роль належить  $\text{Na}^+$  та  $\text{Ca}^{2+}$  із переважанням  $\text{Na}^+$  (рисунок 4.2–4.3).

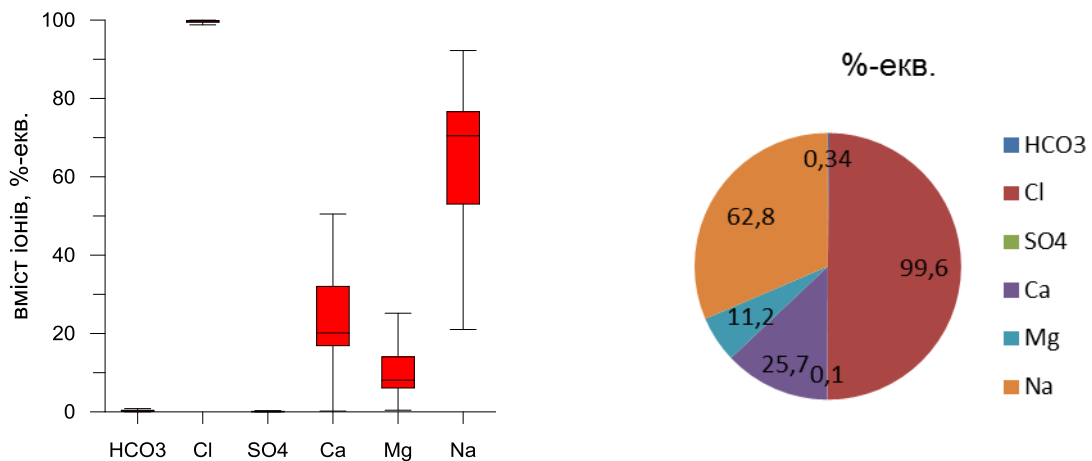


Рисунок 4.2 – Склад досліджених підземних і поверхневих вод на ділянках з найвищим рівнем забруднення ( $M > 25$  г/дм<sup>3</sup>)

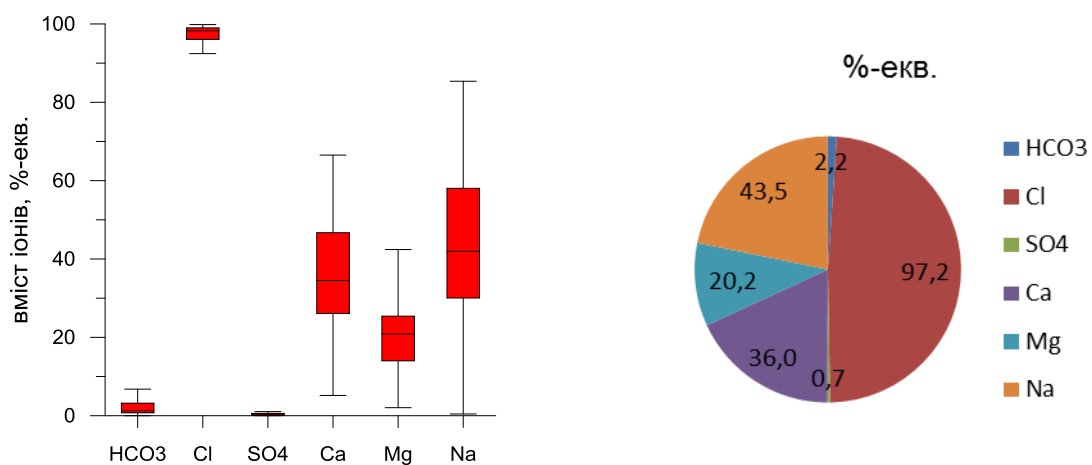


Рисунок 4.3 – Склад досліджених підземних і поверхневих вод на ділянках з високим рівнем забруднення ( $10 < M < 25$  г/дм<sup>3</sup>)

Води групи Б із мінералізацією від 3 до 10 г/л представлені переважно хлоридним, а також сульфатним типом (рисунок В.2 в Додатку В). У катіонному відношенні знову головними виступають кальцій та натрій, хоча варіації помітно більші у порівнянні з більш солоними водами (рисунок 4.4).

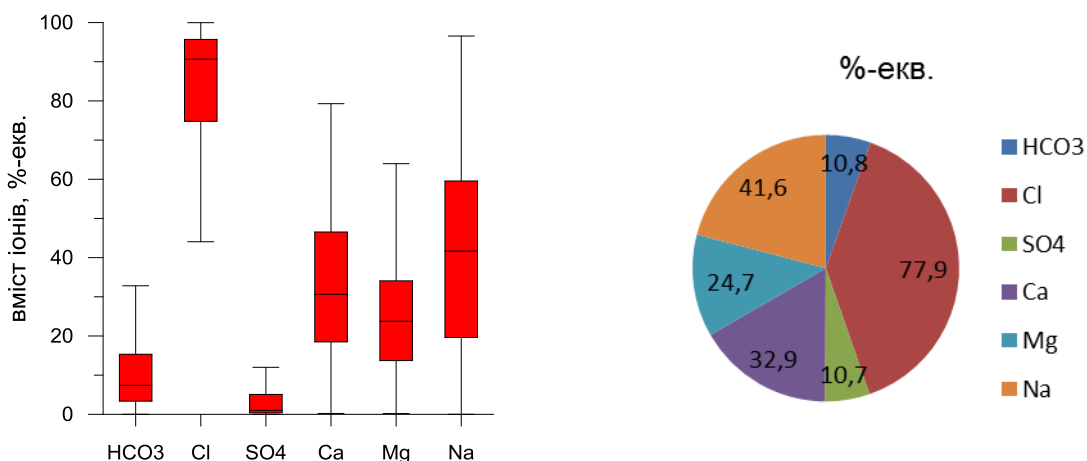


Рисунок 4.4 – Склад досліджених підземних і поверхневих вод на ділянках з помірним рівнем забруднення ( $3 < M < 10$  г/дм<sup>3</sup>)

Найбільш численна група В з мінералізацією менше 3 г/дм<sup>3</sup> включає значно строкатіші за складом води (рисунок 4.4).

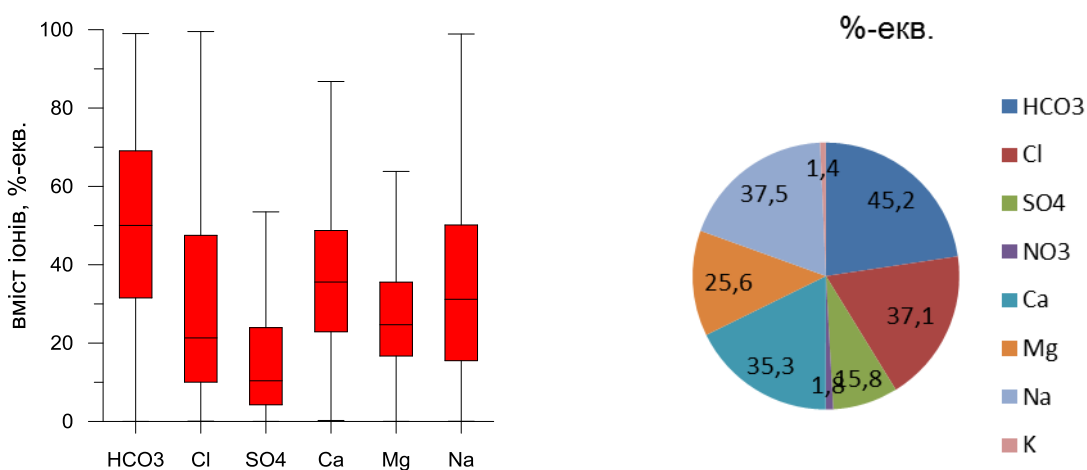


Рисунок 4.5 – Склад досліджених підземних і поверхневих вод на ділянках зі слабким рівнем забруднення та незабруднених ( $M < 3$  г/дм<sup>3</sup>)



На рисунку В.3 у Додатку В наведена частина проб із цієї групи з мінералізацією від 1 до 3 г/дм<sup>3</sup>. У даній підгрупі доволі чітко вже вирізняються міжпластові води з водозабірних свердловин, які мають натрієвий сульфатно-хлоридний склад. Поверхневі води у своїй більшості характеризуються гідрокарбонатним натрієво-кальцієвим складом.

Підземні води першого від поверхні водоносного горизонту виявляють найбільші варіації у складі, що пов'язано із різноманітністю факторів впливу на їхню якість. Якщо вплив від нафтогазовидобувної діяльності і виявляється, він накладається на повсюдне господарсько-побутове забруднення у населених пунктах, винос забруднювальних речовин із сільськогосподарських угідь, скидання стічних вод інших підприємств та очисних споруд тощо.

Прісні підземні води першого горизонту та поверхневі води (мінералізація менше 1 г/дм<sup>3</sup>) характеризуються переважно гідрокарбонатним кальцієвим складом (рисунок Б.4 в Додатку Б). Кальцій домінує серед катіонів у переважній більшості проб поверхневих і ґрунтових вод, у той час як натрій виходить на передній план лише у складі більш глибоких міжпластових вод.

Отримані особливості розподілу іонного складу підземних і поверхневих вод узгоджуються із загальними гідрохімічними закономірностями природних вод – у більш мінералізованих водах переважають хлориди і натрій, у прісних – гідрокарбонати і кальцій. Із зменшенням мінералізації також зростає варіація у хімічному складі вод за рахунок більшої мінливості факторів, що його визначають.

Для того, щоб проаналізувати залежності між компонентами-індикаторами забруднення та виявити відмінності у характері перевищень їх ГДК, ми представили коефіцієнти перевищення ГДК окремих компонентів (хлоридів  $\text{Cl}^-$ , натрію  $\text{Na}^+$ , стронцію  $\text{Sr}^{2+}$ , літію  $\text{Li}^+$ ) по відношенню до коефіцієнтів перевищення гранично допустимих значень мінералізації (М) у логарифмічному вигляді (рисунок 4.6).

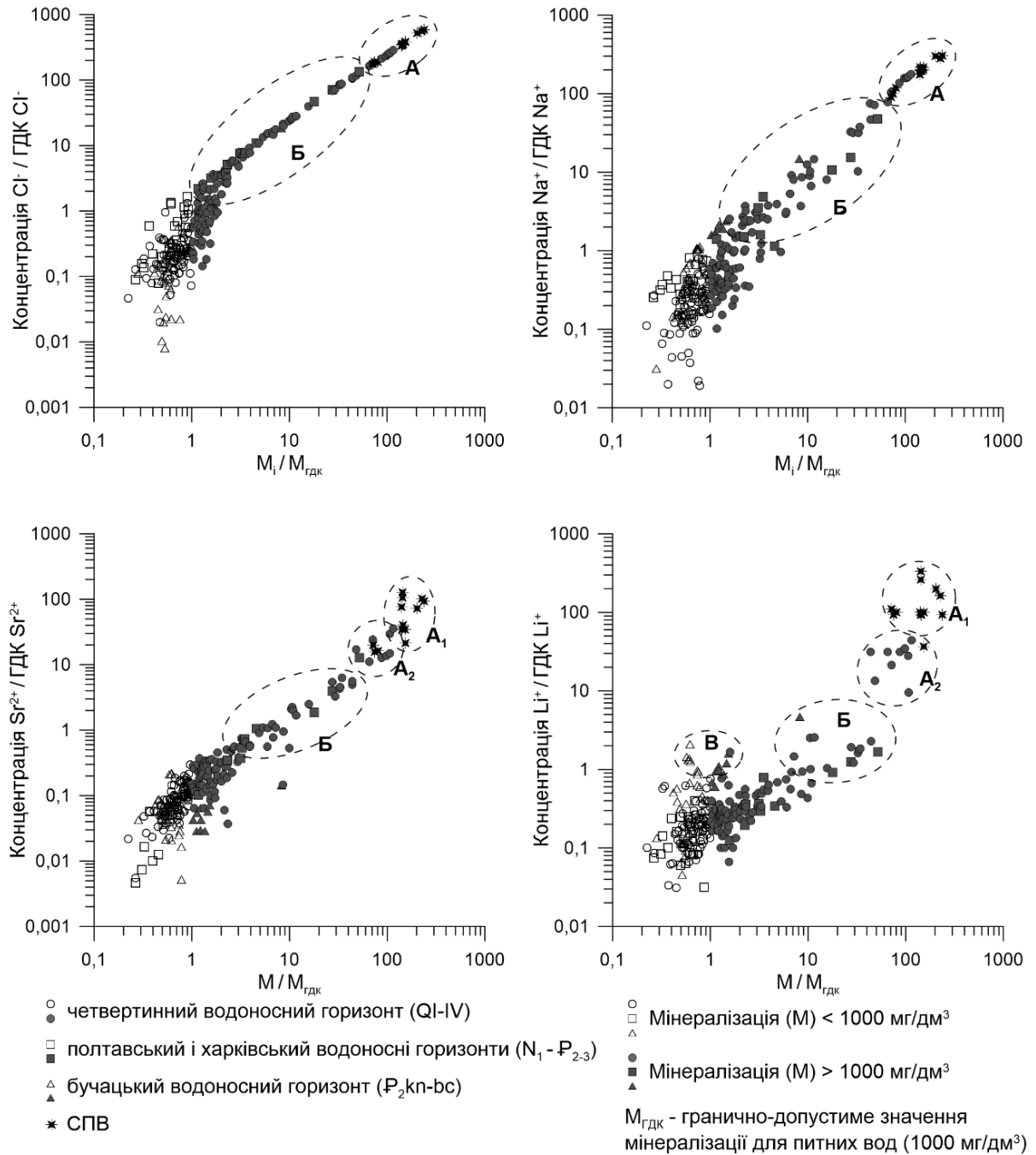


Рисунок 4.6 – Розподіл перевищень ГДК компонентів-забрудників у підземних водах досліджених родовищ (позначення див. у тексті)

Всі чотири компоненти виявляють високу залежність свого вмісту від мінералізації води – коефіцієнти кореляції становлять від 0,79 у літію до 0,99 у хлоридів. Для хлоридів і натрію пряма залежність виражена помітно чіткіше, і пояснюється загальновідомою гідрохімічною закономірністю – зростанням ролі хлоридів і натрію зі збільшенням загальної кількості

розчинених солей у воді [83]. Вміст мікрокомпонентів – стронцію і літію – зазнає більших варіацій по дослідженим водам, що ілюструється розширенням хмари точок на діаграмах, особливо для літію. Це, очевидно, пов'язане з більшим переліком чинників, що визначають їхню залежність від мінералізації. До них належать менша розчинність сполук стронцію і літію, обмеженість у гідрохімічній міграції за рахунок сорбції глинистими мінералами, наявність регіональних відмінностей у складі водовмісних порід [6, 83].

На наведених діаграмах (див. рисунок 4.6) достатньо чітко вирізняються окремі групи точок з різними рівнями забруднення, пов'язаних із різними джерелами надходження компонентів у досліджені водні об'єкти. На діаграмах залежностей  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$  групою А позначені проби з найвищим рівнем забруднення, в яких вміст компонентів перевищує ГДК у сотні разів і наближується фактично до складу СПВ. Такі проби належать до сильно засолених ґрунтових вод на ділянках експлуатації відкритих накопичувачів СПВ на Качанівському та Глинсько-Розбишівському родовищах, на яких, очевидно, глинисті протифільтраційні екрани під впливом агресивних пластових вод майже втратили гідроізолюючі властивості. На діаграмах залежностей  $\text{Sr}^{2+}$  і  $\text{Li}^+$  ці проби (група А<sub>2</sub>) більш явно відокремлюються від СПВ (група А<sub>1</sub>).

Група Б охоплює підземні води першого і другого водоносних горизонтів із різним ступенем забруднення, в яких ГДК досліджених компонентів перевищуються в 10–100 разів. Ці проби приурочені до ділянок експлуатації водоводів, поглинальних та експлуатаційних свердловин, які є на всіх досліджених родовищах. Межі виділення цієї групи нечіткі, адже рівні забруднення значно варіюють за територією, оскільки джерела забруднення розташовані дуже спорадично і діють непостійно. До них належать пориви на водоводах СПВ, витoki продукції з факельних амбарів, потоки розсіювання із місць захоронення бурових шламів, аварійні розливи продукції на усті свердловин під час освоєння або капітального ремонту.

Звертає на себе увагу, що кількість проб із перевищенням ГДК мікрокомпонентів ( $\text{Sr}^{2+}$  і  $\text{Li}^+$ ) значно менша у порівнянні з основними іонами ( $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$ ). Це пояснюється, по-перше, меншою розчинністю  $\text{Sr}^{2+}$  і  $\text{Li}^+$ , а по-друге, тим, що хлориди і натрій, на відміну від стронцію і літію, можуть надходити до підземних вод також із інших джерел, окрім СПВ. Можна заключити, що під час надходження СПВ до прісних підземних вод перевищення ГДК хлоридів і натрію досягаються значно скоріше, ніж для стронцію і літію.

Окремої уваги заслуговує група В, до якої ми включили відносно невелику кількість проб, в яких вміст літію перевищує ГДК, але за мінералізацією вони є прісними або трохи перевищують її граничне значення. Ці проби характерні переважно для підземних вод канівсько-бучацького горизонту на території Качанівського родовища й обумовлені регіональними природними варіаціями хімічного складу підземних вод даного горизонту [61, 90]. Вміст хлоридів, натрію і стронцію в них перебуває нижче ГДК, тобто ознак забруднення пластовими водами цих підземних вод не спостерігається.

Окрім іонного складу вод, ми оцінили також величину коефіцієнту метаморфізації підземних вод та його залежність від мінералізації за водоносними горизонтами (рисунок 4.7).

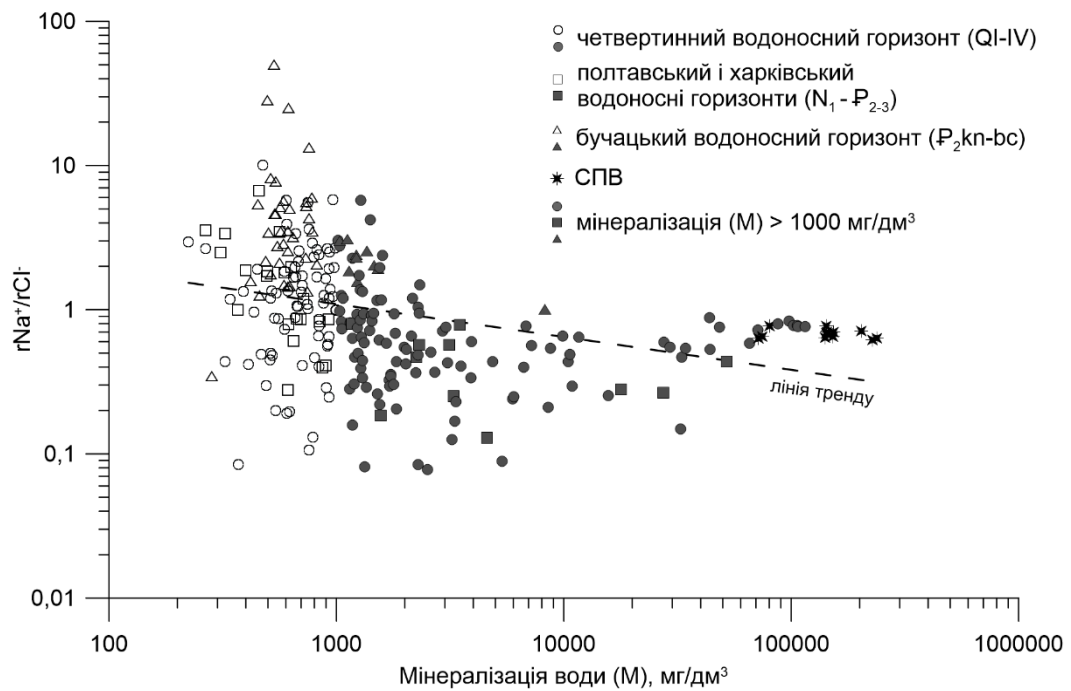


Рисунок 4.7 – Коефіцієнт метаморфізації підземних вод і СПВ на досліджених родовищах

Виявлено, що досліджений нами набір проб характеризується широким спектром значень коефіцієнту метаморфізації – від 0,08 до 50, в якому виявляється тренд зниження коефіцієнту зі зростанням мінералізації підземних вод. До нього увійшли води як незабруднені компонентами СПВ, але при цьому гідрохімічно аномальні, так і ті, що безпосередньо розбавлялися витоками пластових вод з різною інтенсивністю і тривалістю. Найвищі значення  $rNa/rCl$  ( $>2$ ) ми спостерігаємо в пробах підземних вод канівсько-бучацького горизонту ( $P_2kn-bc$ ) на ділянках, де цей горизонт, очевидно, не зазнає ані забруднення від витоків СПВ зверху, ані природного висхідного підживлення солонуватими хлоридними водами. Величина коефіцієнту для сильно забруднених ґрунтових вод на ділянках відкритих системи підготовки СПВ та поглинальних свердловин наближується до 0,8–1,0, що відповідає величині, характерній для СПВ. Низькі значення коефіцієнту  $rNa/rCl$  свідчать про наявність хлоридного забруднення підземних вод, але висока частка вмісту кальцію в них, може свідчити про давність термінів такого забруднення.

## 4.2 Формування осередків забруднення природних вод на нафтогазопромислових об'єктах

### 4.2.1 Оцінка умов забруднення на ділянках відкритих систем підготовки СПВ

Найвищі рівні забруднення підземних вод і поверхневих вод були нами зафіксовані на ділянках експлуатації відкритих систем водопідготовки СПВ на Качанівському нафтогазовому родовищі (Охтирський район, Сумська область) та Глинсько-Розбишівському нафтогазоконденсатному родовищі (Гадяцький район, Полтавської області) (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Показники складу забруднених підземних і поверхневих вод на ділянках відкритих споруд підготовки СПВ

Родовище	Об'єкти досліджень	Усереднені значення показників складу забруднених вод
Качанівське	Грунтові води (глибина 5–15 м) на ділянці відкритих споруди відстоювання СПВ (спостережні свердловини №№ 19, 27, 28; n = 93)	$M = 98000 \pm 22300$ мг/дм <sup>3</sup> $Cl^- = 60700 \pm 14000$ мг/дм <sup>3</sup> $Na^+ = 29750 \pm 7400$ мг/дм <sup>3</sup> $Sr^{2+} = 214 \pm 75$ мг/дм <sup>3</sup> $Li^+ = 0,75 \pm 0,48$ мг/дм <sup>3</sup> $pH = 6,3 \pm 0,6$
Глинсько-Розбишівське	Грунтові води (глибина 9–12 м) на ділянці очисних споруд на ЦППН (спостережні свердловини №№ 42–46; n = 10)	$M = 79700 \pm 26600$ мг/дм <sup>3</sup> $Cl^- = 48800 \pm 16120$ мг/дм <sup>3</sup> $Na^+ = 24400 \pm 9000$ мг/дм <sup>3</sup> $Sr^{2+} = 80,6 \pm 25,7$ мг/дм <sup>3</sup> $Li^+ = 0,94 \pm 0,33$ мг/дм <sup>3</sup> $pH = 6,2 \pm 0,4$

**Примітка.** М – мінералізація води,  $\pm 0,48$  – стандартне відхилення у вибірці, n – загальна кількість проаналізованих проб

Обидва родовища мають багаторічну історію розробки і характеризуються наявністю розгалужених систем повернення СПВ у надра.

Качанівське родовище розробляється з початку 1960-х років і має складну історію впливів на довкілля. На території родовища відбулося щонайменше дві великих аварії на свердловинах №35 і 65, які супроводжувалися викидами на поверхню землі великих об'ємів рідких

вуглеводнів (більше 65 тис. т) і високомінералізованих пластових вод (більше 200 тис. м<sup>3</sup>), що призвело до серйозного забруднення поверхневих вод і першого від поверхні водоносного горизонту на прилеглій території. Внаслідок аварій у кратерах на устях аварійних свердловин утворилися техногенні водойми із залишками розсолів і нафти, які у наступні роки використовувалися на родовищі для складування відпрацьованих бурових розчинів і нафтошламів [60]. Крім того, на Качанівському родовищі інтенсивно експлуатували систему повернення СПВ у надра, збираючи пластову воду з сусідніх родовищ. Об'єми видобутих і закачаних на родовищі СПВ становлять більше 80 млн м<sup>3</sup>.

Наприкінці 1960-х років для сепарації та підготовки СПВ для закачування на родовищі були встановлені очисні споруди відкритого типу з бетонними нафтоловками і ставками додаткового відстоювання, а також земляними амбарами й мулонакопичувачами. Ці споруди функціонують і до цього часу (рисунок 4.8).

Дослідження стану підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту на ділянці експлуатації відкритих споруд відстоювання СПВ, які проводилися з 1995 по 2006 роки показали, що системи негерметичні. Спостережними свердловинами на ділянці накопичувачів був виявлено катастрофічно високе забруднення першого від поверхні водоносного горизонту за рахунок витоків СПВ. Засолені підземні води у спостережних свердловинах на глибині 10–15 м характеризувалися хлоридним натрієвим складом з мінералізацією близько 100–120 г/дм<sup>3</sup> та вмістом стронцію і літію у концентраціях, що перевищують ГДК для питних вод у 10–50 разів. Приблизні об'єми засолених підземних вод четвертинного водоносного горизонту ми оцінювали в 100 тис. м<sup>3</sup> [61].



Рисунок 4.8 – Очисні споруди на ЦППН Качанівського родовища (стрілками показано напрямки руху забруднених підземних вод)

Амбар і ставки відстоювання розташовані на піднесеній вододільній місцевості, поверхневий і підземний стік з якої потрапляє у долину р. Грунь, яка відноситься до басейну р. Псел. Розтікання забруднених підземних вод відбувається на південь-південний захід від ділянки ЦППН. На супутниковому знімку 2010 року ясно видні світлі плями засолення ґрунтів у напрямку розтікання (див. рисунок 4.8а). У 200 м на нижче очисних споруд за потоком у верхів'ях балки Обертень відбувається розвантаження засолених вод четвертинного горизонту з подальшим їх поглинанням новопетрівським водоносним горизонтом, який підстиляє четвертинний. Зона забруднення такого рівня характеризується дуже низьким ступенем самоочищення підземних вод за рахунок дуже високої мінералізації, а також постійного надходження нових порцій забрудника. На цій ділянці необхідно запровадити кризовий моніторинг з деталізованими спостереженнями для оконтурювання куполу розтікання, розрахунків об'ємів засолених вод, визначення напрямків і швидкостей міграції забруднених вод, особливо з урахуванням наявного гідравлічного зв'язку з водоносним горизонтом, що залягає нижче.



Зважаючи на значний рівень забруднення на ділянці Качанівських відкритих споруд, ми оцінили розміри зони забруднення та темпів можливого самоочищення водоносного горизонту із застосуванням схеми поршневого витіснення підземних вод масивом засолених вод. Ця схема дає можливість простежити траєкторію руху частинки (трасера) у водоносному горизонті, визначити час її проходження від джерела забруднення до розрахункової точки і положення фронту забруднених вод на будь-який момент часу, врахувати відмінності у взаємодії забруднювальних речовин із пластом введенням у розрахункові залежності коефіцієнта уповільнення.

Рішення завдання руху рідин у пористих середовищах засноване на загальній залежності [134]:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{k}{n} I \quad , \quad (4.1)$$

де  $dl/dt$  – швидкість руху частинки, м/добу;

$k$  – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

$n$  – ефективна пористість, частки одиниць;

$I$  – градієнт напору на межі розділу, частки од.

Відповідно до молекулярно-кінетичної моделі міграції речовини кожний компонент, що мігрує в підземних водах, так само як і частки самої води, має свою індивідуальну середньоквадратичну швидкість, яку називають ефективною швидкістю. Для самої води ефективною швидкістю є її дійсна швидкість.

Оскільки основні процеси взаємодії частинок розчину з твердою фазою, з її адсорбційними центрами, протікають в єдиному поровому просторі, який характеризується загальною пористістю, то відмінності в швидкості руху компонентів цього розчину зручніше всього уявити через різні коефіцієнти фільтрації, тобто кожний компонент розчину відчуває різний гальмівний вплив твердої фази.

Для врахування цих відмінностей вводиться поняття коефіцієнту уповільнення, рівного відношенню коефіцієнту фільтрації води до

коефіцієнту фільтрації даного компонента водного розчину [168]. Таким чином, коефіцієнт уповільнення показує у скільки разів швидкість просування забрудника в пласті нижче швидкості руху підземних вод.

В умовах однорідної будові пласта і наявності джерел або стоків (водозабірних або поглинаючих свердловин, дренажних споруд або штучних водойм) вихідне рівняння для вирішення поставленого завдання виглядає таким чином [168]:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{1}{D} \cdot \frac{k}{n} I_0 + \sum_{i=0}^N \frac{Q_i}{2\pi n m R_i} \exp \frac{R_i}{4a(t-t_i)} \quad (4.2)$$

де  $D$  – коефіцієнт уповільнення компонента розчину;

$k$  – коефіцієнт фільтрації підземних вод, м/добу;

$n$  – пористість, частки одиниць;

$I_0$  – градієнт напору до початку експлуатації, частки одиниць;

$Q_i$  – дебіт  $i$ -тої свердловини (джерела або стоку), м<sup>3</sup>/добу;

$m$  – потужність водоносного горизонту, м;

$R_i$  – відстань від даної точки до  $i$ -го джерела або стоку, м;

$a$  – коефіцієнт п'єзопровідності, м<sup>2</sup>/добу;

$t$  – поточний час, діб;

$t_i$  – час включення  $i$ -тої свердловини, діб.

При поршневому витісненні прісної води (щільністю  $r_0$ ) мінералізованим техногенним розчином (щільністю  $R_x$ ) на їх межі виникне додаткова вертикальна швидкість фільтрації

$$V = k \cdot d_r \quad (4.3)$$

де  $k$  – коефіцієнт фільтрації в вертикальному напрямку, м/добу;

$d_r = R_x / r_0$  – градієнт щільності.

Конвекція за рахунок щільності сприяє деформації фронту витіснення: відбувається більш швидке просування важкої рідини по підшві пласта і уповільнення переміщення межі розділу поблизу покрівлі – фронт набуває похилого положення. Однак, навіть за істотної різниці в щільності розчинів і наявності анізотропії пласта, середня точка контакту рухається зі швидкістю,

що приблизно відповідає дійсній швидкості фільтрації (4.1) і її просторове положення може бути знайдено за формулою (4.2).

Ступінь розбавлення техногенних розчинів, що проникли до водоносного горизонту, за рахунок інфільтрації атмосферних опадів була оцінена за наближеною формулою [78]:

$$\frac{C_x}{C_0} = e^{-\frac{wt}{mn}}, \quad (4.4)$$

де  $C_x$  – поточна концентрація розчину, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_0$  – початкова концентрація розчину, мг/дм<sup>3</sup>;

$w$  – величина інфільтрації, м/добу;

$t$  – поточний час, діб;

$m$  – потужність водоносного горизонту, м;

$n$  – пористість, частка одиниць.

На ділянці систем водопідготовки Качанівського родовища перший від поверхні водоносний горизонт приурочений до комплексу середньочетвертинних льодовиково-озерних, флювіо-гляціальних і нижньо-верхньочетвертинних еолово-делювіальних відкладів. Він може бути охарактеризований такими параметрами: товщина 3–10 м, градієнти напору – 0,05–0,005, коефіцієнт фільтрації водовмісних порід – 0,1–1,0 м/добу, ефективна пористість – 0,1–0,2. Розрахунки показали, що фронт забруднення при відсутності зовнішніх джерел і стоків буде просуватися в цих умовах зі швидкостями від 8,5 м/рік до 180 м/рік.

Дана модель дає мінімальні геометричні параметри зони забруднення, вважаючи, що концентрація речовини в шарі змінюється різко, тобто не враховує дисперсії забрудника в підземних водах. Урахування дисперсії на даному етапі є недоцільним, з одного боку, з огляду на наближеність оцінки більшості параметрів моделі, а з іншого боку, через неможливість коректного запозичення літературних даних, оскільки величина дисперсії для суглинисто-супіщаних неоднорідних порід може змінюватися більш ніж в 250 разів [183]. Проте, навіть за відсутності детальної інформації щодо

фільтраційних властивостей водовмісних відкладів і рівневої поверхні водоносного комплексу, тобто щодо швидкості фільтрації та витрати потоку, модель надає загальне уявлення про характер руху основних компонентів техногенного розсолу – іонів натрію і хлориду, які є ідеальними мігрантами (практично не сорбуються і не беруть участь в фізико-хімічних реакціях, швидкості їх руху дорівнюють швидкості фільтрації розчинів, тобто коефіцієнт уповільнення дорівнює 1).

Якщо врахувати, що на ділянці експлуатації систем водопідготовки забруднення підземних вод могло відбуватися, починаючи з 1960-х років (тобто початкова точка віддалена від сьогоднішнього дня на 50–60 років), фронт забруднення міг просунути в четвертинному водоносному горизонті від джерел забруднення на відстань до 5–6 км.

У разі усуненні джерела забруднення швидкість зниження концентрації забрудника в підземних водах значно зростає за рахунок змішування з чистими природними водами та інфільтрації атмосферних опадів. На рисунку 4.9 показана зміна концентрації забруднювальних речовин у четвертинному водоносному комплексі під впливом інфільтрації за таких розрахункових параметрів: товщина горизонту – від 3 до 10 м, ефективна пористість – 0,2, інфільтрація – 60 мм/рік.

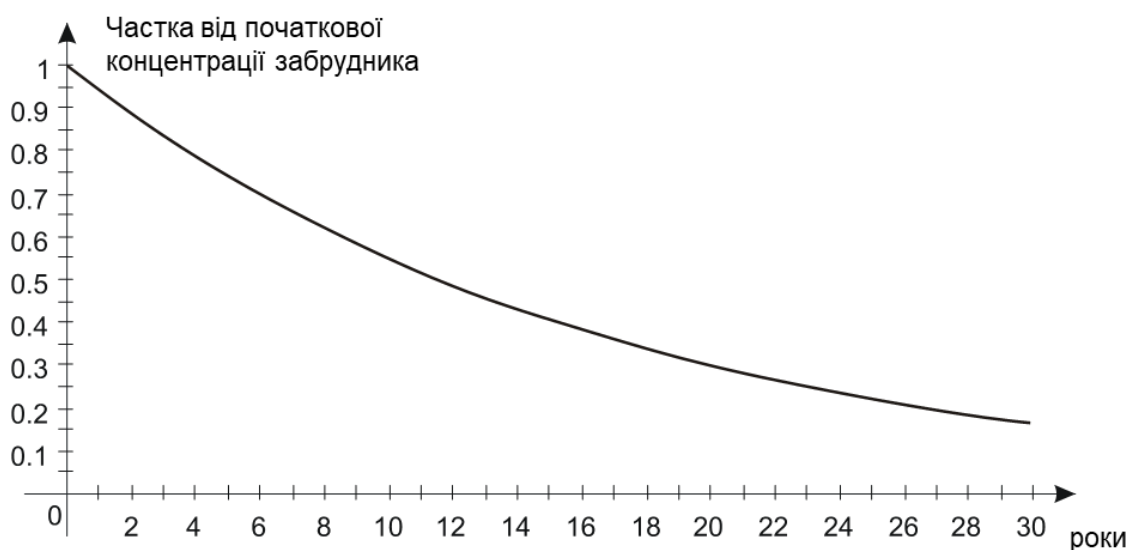


Рисунок 4.9 – Зміни концентрації забруднювальних речовин у четвертинному водоносному комплексі під впливом інфільтрації

Результати розрахунків показали, що якщо час проходження техногенних розсолів від вододільних точок до області розвантаження четвертинного водоносного комплексу становить до 30 років, їхня мінералізація не може знизитися за рахунок інфільтраційного живлення більш ніж в п'ять разів, а за десять років – менше ніж удвічі, що виключає припущення про самоочищення підземних вод при ліквідації джерела забруднення в досить стислі терміни.

Слід підкреслити, що наведені вище розрахунки носять орієнтовний рамковий характер. Мінливі гідрогеологічні умови (наявність прохідних долин, гідрогеологічні вікна, локальні ділянки живлення і розвантаження, відсутність детальних даних щодо фільтраційних параметрів), наявність численних точок надходження забрудників і, в той же час, досить приблизні дані про обсяги забруднення вод, ускладнюють рішення поставленої задачі. Підвищення точності результатів розрахунків потребує значного обсягу локальних гідрогеологічних досліджень, бурових робіт і математичного моделювання.

Інша ділянка з найвищими рівням забруднення ґрунтових вод розташована на території Глинсько-Розбишівського родовища, де експлуатують аварійний амбар і ставки додаткового відстоювання очисних споруд цеху з підготовки продукції нафти та газу (рисунок 4.10).



Рисунок 4.10 – Відкриті споруди зберігання СПВ на Глинсько-Розбишівському родовищі (стрілками показані напрямки руху забруднених підземних вод)

Експлуатація аварійного амбару проводиться з 1968 року. В роботі ставки періодично проводиться скидання СПВ із товарно-сировинного парку при великій її кількості від ЦВНГ-1, 2 і Качанівського ГПЦ. Після наповнення ставків пластовою водою проводиться її відкачка на кушову насосну станцію по трубопроводу для подачі у нагнітальні свердловини. Верхній шар нафтопродукту через нафтоловки відкачується трубопроводом у ємності товарно-сировинного парку.

У спостережних свердловинах, встановлених у 10–20 м нижче очисних споруд за потоком, у складі підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту були виявлені концентрації  $\text{Cl}^-$  на рівні 40–50 г/дм<sup>3</sup>,  $\text{Na}^+$  – 20–25 г/дм<sup>3</sup>,  $\text{Sr}^{2+}$  – 44–110 мг/дм<sup>3</sup>,  $\text{Li}^+$  – 1,0–1,2 мг/дм<sup>3</sup>. Мінералізація засолених вод становить 40–110 г/дм<sup>3</sup>, на поверхні води спостерігається вуглеводнева плівка. Засолені підземні води мігрують вниз за потоком у південно-західному і південному напрямках у бік найближчої балки. У ставках, які

створені на струмку в балці нижче майданчика ЦППНГ у балці і які приймають поверхневий та ґрунтовий стік, високих концентрацій компонентів-забруднювачів не виявлено, що може свідчити про наявність поглинання забруднених вод четвертинного водоносного горизонту полтавським горизонтом, другим від поверхні.

Для виявлення закономірностей у розподілі основних компонентів СПВ ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$ ) у забруднених ґрунтових водах, ми проаналізували їхні співвідношення у складі вод (рисунок В.1 Додатку В). Якщо їх надходження до ґрунтових вод спільне з СПВ, передбачається виявлення лінійної кореляції між їхніми концентраціями. Кореляційний аналіз підтвердив, що  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  дійсно виявляють високу попарну лінійну кореляцію – від 0,69 у пари  $\text{Ca}^{2+}$ – $\text{Sr}^{2+}$  до 0,96 у пари  $\text{Cl}^-$ – $\text{Na}^+$  (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти кореляції між парами іонів у складі забруднених ґрунтових вод

Іон	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{Sr}^{2+}$
$\text{Cl}^-$	–	–	–	–
$\text{Ca}^{2+}$	0,86	–	–	–
$\text{Na}^+$	0,96	0,85	–	–
$\text{Sr}^{2+}$	0,72	0,69	0,71	–
$\text{Li}^+$	0,21	0,27	0,24	0,21

Літій-іон показав слабку кореляцію – зі всіма іншими іонами коефіцієнти кореляції становили 0,21–0,24, що свідчить про вплив сторонніх факторів на його концентрацію в забруднених ґрунтових водах. Одним із таких факторів, на нашу думку, може бути сорбція  $\text{Li}^+$  глинистими мінералами під час інфільтрації мінералізованих вод крізь глинистий протифільтраційний екран у днищі накопичувача, а також крізь суглинисті породи, які підстилають ці споруди. На користь сорбції глинистим екраном також свідчить помітна різниця за вмістом  $\text{Li}^+$  у двох спостережних свердловинах – № 27 (середній вміст  $\text{Li}^+$  0,04 мг/дм<sup>3</sup>) і № 28 (середній вміст

$\text{Li}^+$  0,19 мг/дм<sup>3</sup>), розташованих на одній ділянці, але біля різних накопичувачів очисних споруд Качанівського родовища.

#### 4.2.2 Оцінка умов забруднення на ділянках експлуатації скидних свердловин і водоводів СПВ

Серед досліджених родовищ найбільш розгалужені мережі систем транспортування та закачування СПВ у надра експлуатуються на Качанівському нафтогазовому родовищі (Охтирський район, Сумська область), Бугруватівському родовищі (Охтирський район, Сумська область), Глинсько-Розбишівському родовищі (Гадяцький район, Полтавська область), Анастасівському родовищі (Роменський район, Полтавська область).

На Качанівському родовищі значно розгалужена мережа скидних свердловин закачувала СПВ до поглинальних горизонтів тріасової товщі із сумарним середньодобовим скидом до 5000 м<sup>3</sup>. Загальна довжина водоводів на родовищі становить більше 10 км, а кількість поривів у 1980-90-ті роки сягала кількох сотень на рік. Із одного пориву до навколишнього середовища потрапляло від двох до декількох сотень кубічних метрів розсолів [61].

Режимна мережа моніторингу підземних і поверхневих вод на території Качанівського родовища налічувала 26 спостережних свердловин, споруджених для відбирання проб із четвертинного і полтавського водоносних горизонтів на глибині від 5 до 20 м, 15 поверхневих водних об'єктів (включно із кратерами аварійних свердловин № 35 і 65), 7 водозабірних свердловин, 4 колодязі у селах і 2 джерела. На більшості цих об'єктів у різні роки нами були виявлені ознаки забруднення компонентами СПВ різного ступеня.

На Глинсько-Розбишівському родовищі також існує розгалужена система закачування СПВ у надра, як з метою ППТ, так і скидання до тріасової товщі, аналогічно підходам на інших родовищах. Режимна мережа моніторингу на родовищі включала 41 спостережну свердловину на четвертинний і новопетрівсько-берецький водоносні горизонти, а також 11



колодязів, 12 водойм і водотоків, 2 водозабірні свердловини і 3 джерела. Аналогічно Качанівському родовищу, на цій території були виявлені ознаки засолення першого від поверхні водоносного горизонту, як у спостережних свердловинах, так і у колодязях в населених пунктах.

Менша кількість випадків забруднення четвертинного водоносного горизонту та поверхневих вод була зафіксована нами на Анастасівському, Бугруватівському, Рибальському, Сагайдацькому, Кібінцевському родовищах.

Показники складу забруднених вод на ділянках експлуатації систем повернення та нагнітання СПВ у надра (насосні станції та скидні свердловини) наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Показники складу досліджених забруднених підземних і поверхневих вод на ділянках скидних свердловин і водоводів СПВ

Родовище	Технологічні об'єкти	Усереднені значення показників складу забруднених вод
Глинсько-Розбишівське	Ґрунтові води (глибина 5–15 м) на ділянках майданчиків КНС та скидних свердловин (спостережні свердловини №№3, 16, 17, 24, 25, 26, 37; n = 102)	M = 36600 ± 8700 мг/дм <sup>3</sup> Cl = 23060 ± 5790 мг/дм <sup>3</sup> Na = 7850 ± 2060 мг/дм <sup>3</sup> Sr = 40,3 ± 15,5 мг/дм <sup>3</sup> Li = 0,06 ± 0,04 мг/дм <sup>3</sup> pH = 6,57 ± 0,45
Бугруватівське	Ґрунтові води (глибина 20 м) на ділянці БКНС та скидних свердловин (спостережні свердловини №№4, 10; n = 30)	M = 35500 ± 9750 мг/дм <sup>3</sup> Cl = 23520 ± 6400 мг/дм <sup>3</sup> Na = 2440 ± 2400 мг/дм <sup>3</sup> Sr = 30,3 ± 18,4 мг/дм <sup>3</sup> Li = 0,05 ± 0,04 мг/дм <sup>3</sup> pH = 6,41 ± 0,42
Анастасівське	Ґрунтові води (глибина 5–15 м) на ділянках майданчиків насосних станцій та свердловин ППТ (спостережні свердловини №№3, 4; n = 53)	M = 6374 ± 2277 мг/дм <sup>3</sup> Cl = 3956 ± 1611 мг/дм <sup>3</sup> Na = 1015 ± 654 мг/дм <sup>3</sup> Sr = 7,5 ± 4,16 мг/дм <sup>3</sup> Li = 0,026 ± 0,003 мг/дм <sup>3</sup> pH = 7,11 ± 0,60
Кибинцівське	Ґрунтові води (глибина 10 м) на ділянках скидних свердловин, установки ГТУ (n = 17)	M = 6997 ± 2726 мг/дм <sup>3</sup> Cl = 4157 ± 1784 мг/дм <sup>3</sup> Na = 1500 ± 752 мг/дм <sup>3</sup> Sr = 5,0 ± 3,3 мг/дм <sup>3</sup> Li = 0,021 ± 0,008 мг/дм <sup>3</sup> pH = 7,2 ± 0,67

## Кінець таблиці 4.3

Родовище	Технологічні об'єкти	Усереднені значення показників складу забруднених вод
Сагайдацьке	Ґрунтові води (глибина 8–12 м) на ділянках скидних свердловин (n = 43)	$M = 7723 \pm 4605$ мг/дм <sup>3</sup> $Cl = 4379 \pm 2890$ мг/дм <sup>3</sup> $Na = 1522 \pm 1105$ мг/дм <sup>3</sup> $Sr = 8,4 \pm 7,0$ мг/дм <sup>3</sup> $Li = 0,028 \pm 0,015$ мг/дм <sup>3</sup> $pH = 7,0 \pm 0,5$

**Примітка.** M – мінералізація води,  $\pm 0,04$  – стандартне відхилення у вибірці, n – загальна кількість проб

Як бачимо, у забруднених водах простежуються відмінності у загальному вмісті хлоридів і натрію за родовищами, що пов'язано, по-перше, з відмінностями у складі пластових вод із різних продуктивних горизонтів, а по-друге з особливостями технологічних процесів поводження з СПВ на різних родовищах, зокрема, змішування СПВ із різних родовищ та додавання інших відпрацьованих технологічних рідин.

Розподіл основних компонентів СПВ у складі забруднених вод з ділянок розташування нагнітальних і скидних свердловин наведений на рисунку В.2 Додатку В. Поверхневі і підземні води (перший від поверхні водоносний горизонт показали істотно відмінні закономірності даного розподілу. У складі поверхневих вод найкраще корелювали концентрації у парах  $Cl^- - Na^+$  (коефіцієнт кореляції – 0,79) і  $Sr^{2+} - Li^+$  (коефіцієнт кореляції – 0,75), натомість, у складі підземних вод більш тісний зв'язок виявили іони  $Cl^- - Ca^{2+}$  (коефіцієнт кореляції – 0,79) (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Коефіцієнти кореляції між парами іонів у складі забруднених вод на ділянках скидних свердловин і водоводів СПВ

Іони	ґрунтові води			
	$Cl^-$	$Ca^{2+}$	$Na^+$	$Sr^{2+}$
$Cl^-$	–	–	–	–
$Ca^{2+}$	0,79	–	–	–
$Na^+$	0,64	0,18	–	–
$Sr^{2+}$	0,62	0,58	0,32	–
$Li^+$	0,01	-0,02	0,12	0,00

Іони	поверхневі води			
	$Cl^-$	$Ca^{2+}$	$Na^+$	$Sr^{2+}$
$Cl^-$	–	–	–	–
$Ca^{2+}$	0,52	–	–	–
$Na^+$	0,79	0,07	–	–
$Sr^{2+}$	0,54	0,45	0,42	–
$Li^+$	0,38	0,01	0,48	0,75

У поверхневих водах, особливо при високих рівнях забруднення (вміст  $\text{Cl}^-$  2000–4000 мг/дм<sup>3</sup>) на перший план серед аніонів виходить  $\text{Na}^+$ , який потрапляє до водних об'єктів у складі СПВ. Проте, у складі забруднених ґрунтових вод у переважній більшості випадків залишається переважаючим  $\text{Ca}^{2+}$ , хоча вміст  $\text{Na}^+$  в такому випадку також підвищується. Судячи зі всього, надлишок  $\text{Ca}^{2+}$  у підземних водах пояснюється інтенсифікацією вилуговування карбонатів ( $\text{CaCO}_3$ ) із суглинистих і супіщаних порід зони аерації та/або водовмісних порід четвертинного горизонту.

Співвідношення  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Li}^+$  виявило регіональні відмінності між пробами із різних ділянок досліджень. Наприклад, проби поверхневих і ґрунтових вод півдня Полтавської області (долина р. Оріль) помітно відрізняються від решти проб у бік менших концентрацій  $\text{Cl}^-$ , але при домінуванні  $\text{Na}^+$  в катіонному складі.

#### **4.3 Оцінка стану підземних вод міжпластових водоносних горизонтів**

Підземні води міжпластових водоносних горизонтів досліджували із свердловин водопостачання, розташованих в населених пунктах або на підприємствах і споруджених на такі водоносні горизонти:

- 1) четвертинний горизонт у флювіогляціальних відкладах плейстоцену (Q);
- 2) міоцен-олігоценний горизонт у пісках новопетровського та берецького регіонарусів ( $\text{P}_{3br} - \text{N}_{1np}$ );
- 3) харківський горизонт у пісках межигірського та алевролітах обухівського регіонарусів ( $\text{P}_{2ob} - \text{P}_{3mž}$ );
- 4) канівсько-бучацький горизонт у пісках канівського та бучацького регіонарусів ( $\text{P}_{2kn-bč}$ ) (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 – Характеристики досліджених горизонтів, з яких здійснюється водопостачання у населених пунктах

Назва горизонту, індекс	Опис водоносних порід	Глибина залягання, м	Кількість досліджених проб
Четвертинний горизонт (Q)	Піски різнозернисті	30–40	10
Міоцен-олігоценний (P <sub>3</sub> – N <sub>1</sub> )	Піски дрібнозернисті глинисті	30–50	54
Харківський (P <sub>2ob</sub> – P <sub>3mž</sub> )	Піски тонко-дрібнозернисті кварцово-глауконітові глинисті	40–80	708
Канівсько-бучацький (P <sub>2kn-bč</sub> )	Піски середньозернисті кварцові з глауконітом	60–120	692

Найбільша кількість проб була відібрана з харківського та канівсько-бучацького водоносних горизонтів, оскільки вони найбільше експлуатуються водозабірними свердловинами централізованого водопостачання у населених пунктах регіону.

Досліджені міжпластові водоносні горизонти мають помітно різний хімічний склад води, що визначається в свою чергу мінеральним складом водовмісних порід (рисунок Д.1 Додатку Д). Декілька проб із четвертинного водоносного горизонту у флювіо-гляціальних відкладах, відібраних із водозабірних свердловин у Лохвицькому районі Полтавської області, показали типовий для приповерхневих горизонтів гідрокарбонатний кальцієвий склад і низьку мінералізацію – 400–500 мг/дм<sup>3</sup>. Проби з бучацько-канівського водоносного горизонту розділилися за складом на дві окремі групи – хлоридні натрієві, відібрані на південно-західному борті басейну, та хлоридно-гідрокарбонатні натрієво-кальцієві з центральної та північно-східної частини басейну.

Харківський водоносний горизонт характеризувався найбільшою варіацією у хімічному складі проб, що зумовлено більшою літолого-фаціальною різноманітністю водовмісних відкладів та шарів, що його перекривають [23, 24].

Розподіл вмісту  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$  в міжпластових підземних водах із свердловин водопостачання очікувано свідчить про прямий взаємозв'язок між цими компонентами у воді, у той час як мікрокомпоненти  $\text{Sr}^{2+}$  і  $\text{Li}^+$  такої залежності не виявляють (рисунок Г.2 Додатку Г). На графіках добре видно, що досліджені підземні води відрізняються за вмістом  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$  як по водоносних горизонтах, так і в регіональному плані. Вода з канівсько-бучацького горизонту характеризується підвищеним вмістом цих компонентів (обидва вище ГДК для питних вод), який зростає у пробах із південно-західної прибортової зони ДДЗ. Найвищі концентрації  $\text{Cl}^-$  (700–1000 мг/дм<sup>3</sup>) і  $\text{Na}^+$  (600–700 мг/дм<sup>3</sup>) спостерігаються в басейні р. Оріль (Руденківське, Новогригорівське, Юрїївське, Ігнатівське родовища), що може пояснюватися відсутністю у розрізі крейдової товщі, і підживленням бучацького горизонту висхідними потоками солонуватих підземних вод із верхньотріасового водоносного комплексу [14]. Також підвищені концентрації  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$  (400–600 мг/дм<sup>3</sup>) спостерігаються в низов'ях р. Псел (Сагайдацьке, Радченківське родовища), де відбувається підсолення верхніх горизонтів на ділянках проявлення соляного діапїризму [18].

Звідси витікає важливий висновок, що у підземних водах бучацького горизонту, особливо в областях, де існують природні джерела додаткового підсолення, неможливо розрізнити невеликі рівні забруднення компонентами СПВ тільки з використанням хлоридів і натрію. Для бучацького горизонту підвищені мінералізація (до 2–3 г/дм<sup>3</sup>) та вміст  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$  (до 1000 мг/дм<sup>3</sup>) є цілком природними для вищеописаних областей.

За вмістом  $\text{Li}^+$  перевищення ГДК для питних вод виявлено у пробах з бучацького горизонту в північно-східній прибортовій зоні, на родовищах Качанівське, Бугруватівське, Рибальське. Концентрації  $\text{Sr}^{2+}$  у воді горизонту не перевищуються в усіх пробах, але відносно підвищений вміст  $\text{Sr}^{2+}$  зафіксовано в пробах зі свердловин Малопавлівського водозабору на Качанівському родовищі. Враховуючи інтенсивний рівень техногенного навантаження на підземні води на території даного родовища, не виключено,

що відносно підвищення вмісту досліджених мікрокомпонентів пов'язано з поступовим надходженням СПВ із прилеглих розбурених ділянок. Для підтвердження даних припущень у даному випадку доцільно використання ізотопних показників, оскільки бучацький горизонт має інфільтрогенне походження і повинен характеризуватися помітно більшим вмістом легких водних ізотопів, ніж СПВ.

Співвідношенням Ca:Sr у водах бучацького горизонту становить  $< 100$ , що створює ризики негативного впливу на здоров'я водоспоживачів, а саме на формування кісток і функціонування суглобів за рахунок заміщення кальцію стронцієм у кісткових тканинах [87].

Харківський (в нашому випадку у більшості свердловин межигірський) водоносний горизонт відрізняється від бучацького в бік меншого вмісту  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$ , але переважно більшого вмісту  $\text{Li}^+$ . Свердловини у долині р. Сіверський Донець на Васищівському та Острроверхівському родовищах мають відмінний від інших проб склад у бік підвищених концентрацій як  $\text{Li}^+$  (0,03–0,07 мг/дм<sup>3</sup>), так і  $\text{Sr}^{2+}$  (3,3–7,7 мг/дм<sup>3</sup>), що становить більше ГДК для питних вод. Надходження  $\text{Li}^+$  до складу підземних вод можливе із глинистих мінералів морського походження, які містяться у складі межигірських відкладів. Присутність  $\text{Sr}^{2+}$  можна пояснити процесом розчинення мінералів гіпсу з целестином у водовмісних відкладах та товщі, що їх перекриває.

#### **4.4 Просторовий аналіз умов взаємного розташування нафтогазових родовищ і цінних водних екосистем**

Для орієнтовної оцінки потенційного впливу, який може виникати на територіях видобування нафти і газу по відношенню до природно-заповідних об'єктів, у роботі проведено геопросторовий аналіз взаємного розташування гідрологічних об'єктів ПЗФ та ліцензійних ділянок. Аналіз виконувався у геоінформаційному програмному пакеті ArcGIS 10.6.1 із застосуванням інструментів оверлейного аналізу (Overlay) та аналізу близькості (Proximity).

Виконання такого аналізу передбачає використання полігональних векторних даних – контурів об'єктів ПЗФ та ліцензійних ділянок користування надрами. Контури ліцензійних ділянок були перенесені у векторний формат із відкритого ресурсу – інтерактивної карти на офіційному веб-сайті ДНВП «Геоінформ України» [66]. До кожної ділянки додавали атрибутивні дані – назва ділянки, номер спецдозволу, вид діяльності, типи корисних копалин, поточний статус, площа.

Отримання контурів об'єктів ПЗФ виявилось значно складнішим завданням. Офіційні дані щодо меж об'єктів ПЗФ у цифровому картографічному форматі відсутні для перегляду та опрацювання [8]. Тому, проаналізувати реальне просторове співвідношення та віддаленість природоохоронних територій від ділянок нафтогазовидобування на рівні річкових басейнів на даний момент технічно дуже складно. У 2015–2018 рр. в рамках волонтерського ГІС-проекту зі створення відкритого кадастру об'єктів ПЗФ України [187], за участі автора, були оцифровані межі ПЗФ Харківської області, Полтавської і, частково, Сумської областей. Вхідними даними слугували відскановані офіційні документи по кожному об'єкту ПЗФ – положення про створення, охоронні зобов'язання, вкопювання з планів земельних ділянок, картосхеми тощо. Далі растрові зображення картосхем розташування і меж об'єктів ПЗФ прив'язували по характерним контрольним точкам на місцевості у прямокутній системі координат (WGS UTM 36N, 37N) по загальнодоступним супутниковим знімкам Bing, ESRI 2015–2017 років зйомки з роздільною здатністю до 0,4 м. Після прив'язування контури об'єктів ПЗФ векторизували та забезпечували атрибутивними даними – назва, тип, значення, площа.

Під час проведення просторового аналізу були поставлені такі завдання, спрямовані на визначення характеру взаємного розташування об'єктів:

- 1) визначити, які родовища (ліцензійні ділянки) нафти і газу перекриваються повністю або частково з об'єктами ПЗФ гідрологічного та комплексного типу;
- 2) встановити відповідні площі перекриття родовищ і об'єктів ПЗФ;
- 3) проаналізувати розподіл зон перекриття і виділити родовища з найбільшими показниками перекриття.

Аналіз проводили для територій Полтавської та Харківської областей, оскільки для них були доступні найбільш повна вхідна документація по об'єктам ПЗФ та підготовлені їхні векторні контури. При цьому саме ці дві області характеризуються найбільшою кількістю і площею ліцензійних ділянок нафтогазовидобування.

Вхідний набір даних по родовищах містив 388 полігонів ліцензійних ділянок Східного басейну, на які видано спеціальні дозволи на користування надрами, з яких 315 ділянок мають статус спецдозволу «дійсний», 68 – «недійсний» і 5 – «анульований» на момент проведення аналізу (травень 2019 р.). Для аналізу були взяті ліцензійні ділянки зі статусом дійсного спецдозволу. До даного набору полігонів ми застосували інструмент вибору за просторовим принципом (Selection by Location) та виділили ті полігони, які повністю або частково потрапляють у межі адміністративних областей (Харківської та Полтавської окремо). У результаті було отримано 105 полігонів ліцензійних ділянок у Полтавській області загальною площею 7798 км<sup>2</sup> (27,1 % загальної площі області), і 85 полігонів ділянок у Харківській області загальною площею 11314 км<sup>2</sup> (36 % загальної площі області).

Подібні просторові запити були здійснені для векторних даних об'єктів ПЗФ в адміністративних межах Полтавської та Харківської областей. Вхідна БД містила 379 об'єктів ПЗФ у Полтавській області (97 % від загальної кількості) та 222 об'єкти у Харківській (90 %). Незначна частина об'єктів ПЗФ не потрапила до аналізу з причин відсутності на них картографічної документації.



Наступним етапом було відсіювання тих об'єктів ПЗФ, які офіційно входять до складу укрупнених об'єктів (РЛП, НПП), тобто розташовані у їхніх межах, для того, щоб в аналізі не враховувати їхні площі двічі. Такі об'єкти у кількості 44 в Полтавській області та 10 в Харківській були виключені з аналізу. На виході ми отримали підготовленими до аналізу 335 об'єктів ПЗФ у Полтавській області та 212 у Харківській. Цей набір містив усі типи об'єктів та територій ПЗФ, але на подальших етапах особливої уваги було приділено закономірностям розташування гідрологічних заказників, гідрологічних пам'яток природи, загальноландшафтних об'єктів (природні заповідники, НПП, РЛП, заповідні урочища), а також вибірково комплексним пам'яткам природи, орнітологічним заказникам та іншим об'єктам, у яких зберігаються водні об'єкти та пов'язані з ними водні екосистеми.

Результати аналізу показали, що сумарна площа перекриття об'єктів ПЗФ Полтавської області всіх типів із ліцензійними ділянками становить 260,5 км<sup>2</sup>, що складає 18,3 % фактичної площі ПЗФ області. Для ПЗФ Харківської області сумарна площа перекриття становить 127,2 км<sup>2</sup>, що складає 17,1 % фактичної площі ПЗФ області (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6 – Зведені результати аналізу перекриття об'єктів ПЗФ із ліцензійними ділянками

<b>Показник</b>	<b>Полтавська</b>	<b>Харківська</b>
Кількість ліцензійних ділянок, які повністю або частково перекриваються з об'єктами ПЗФ	<b>51</b>	<b>36</b>
з них з гідрологічними ПЗФ	7	6
з комплексними ПЗФ	34	12
Загальна площа перекриття ліцензійних ділянок і об'єктів ПЗФ, км <sup>2</sup>	<b>260,5</b>	<b>127,2</b>
з них з гідрологічними ПЗФ	17,1	4,3
з комплексними ПЗФ	200	100
Частка загальної фактичної площі фонду ПЗФ області, яка перекривається з ліцензійними ділянками нафтогазовидобування, %	<b>18,3</b>	<b>17,1</b>

Зони перекриття ліцензійних ділянок і об'єктів ПЗФ значно коливаються від родовища до родовища у межах від 230 м<sup>2</sup> (Таранушинська

площа, Харківська область) до 83 км<sup>2</sup> (Юзівська площа, Харківська область) (рисунок 4.11, 4.12).

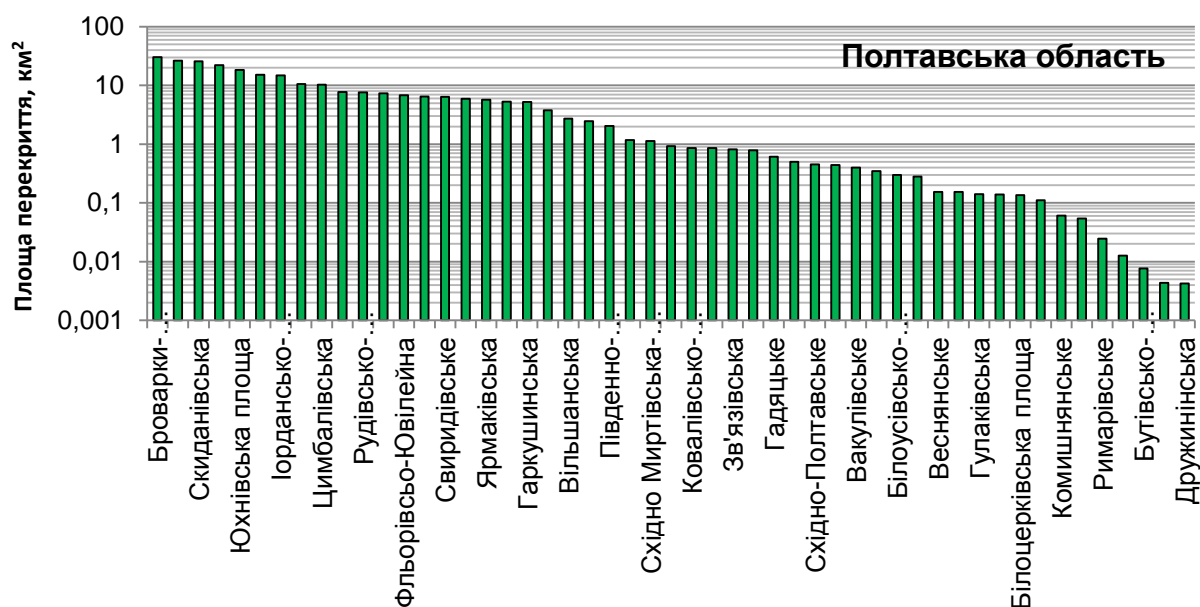


Рисунок 4.11 – Площі перекриття ліцензійних ділянок з об'єктами ПЗФ Полтавської області

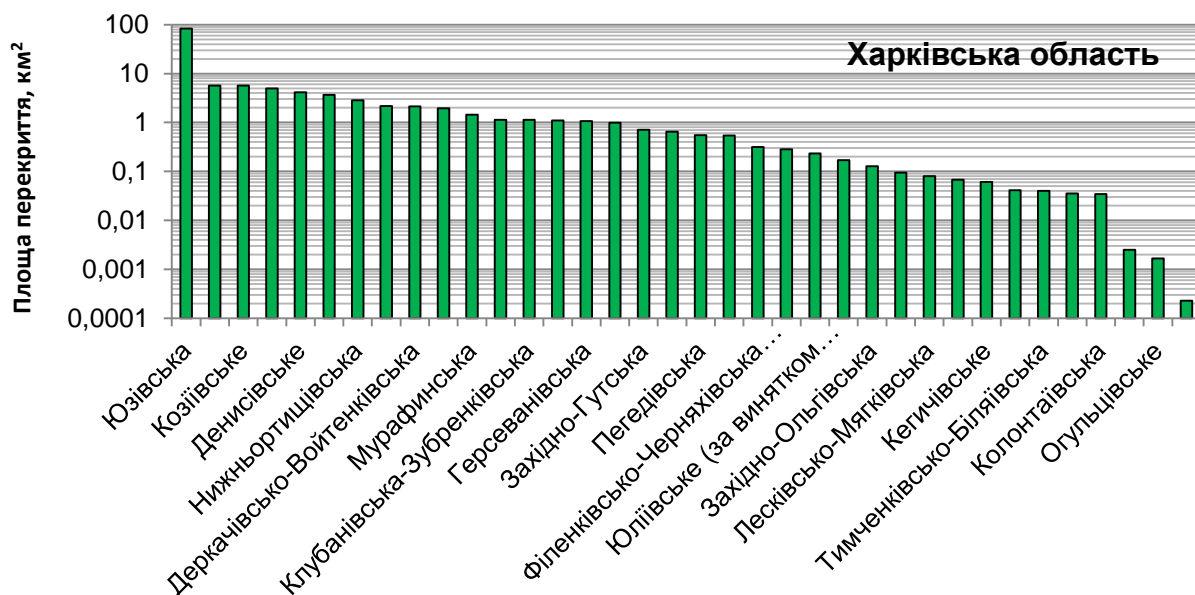


Рисунок 4.12 – Площі перекриття ліцензійних ділянок з об'єктами ПЗФ Харківської області

У Полтавській області на 9 великих ліцензійних ділянках нафтогазовидобування зони перекриття з об'єктами ПЗФ становлять більше 10 км<sup>2</sup> на кожній ділянці. В обох областях налічується 40 родовищ, у межах яких присутні об'єкти ПЗФ загальною площею більше 1 км<sup>2</sup>.

Якщо проаналізувати перекриття з об'єктами ПЗФ гідрологічного характеру, то виявляється менше випадків накладання: у Полтавській області 7 родовищ перекриваються з гідрологічними заказниками та пам'ятками природи, у Харківській – 6 (рисунок 4.13).

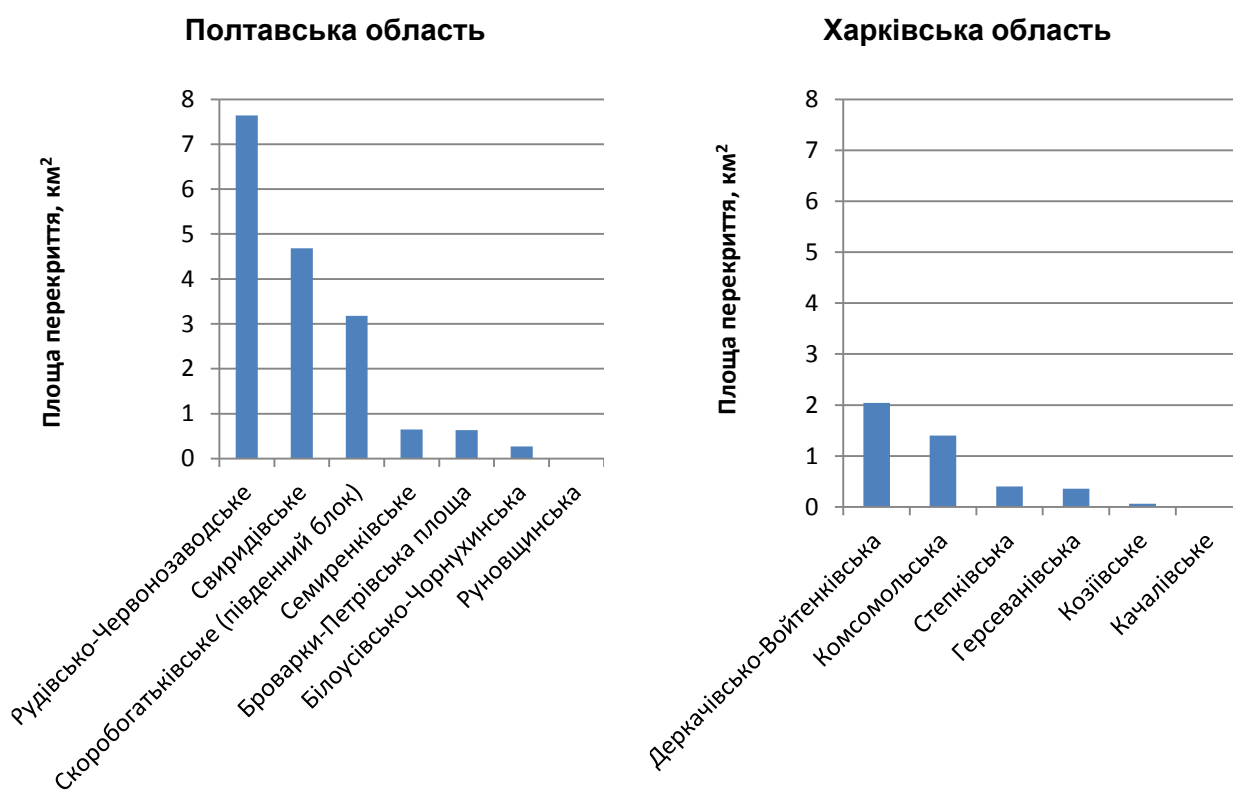


Рисунок 4.13 – Розподіл нафтогазових родовищ Полтавської області за площею перекриття з об'єктами ПЗФ різних типів

На трьох ліцензійних ділянках у Полтавській області і двох у Харківській площі перекриття із гідрологічними об'єктами становлять більше 1 км<sup>2</sup>. Найбільшою площею перекриття характеризується Рудівсько-Червонозаводське родовище (Полтавська область), де частково розташовані гідрологічні заказники Середньосульський та Артополот. Інша частина

заказника Середньосульський потрапляє на територію сусіднього Свиридівського родовища (рисунок 4.14).

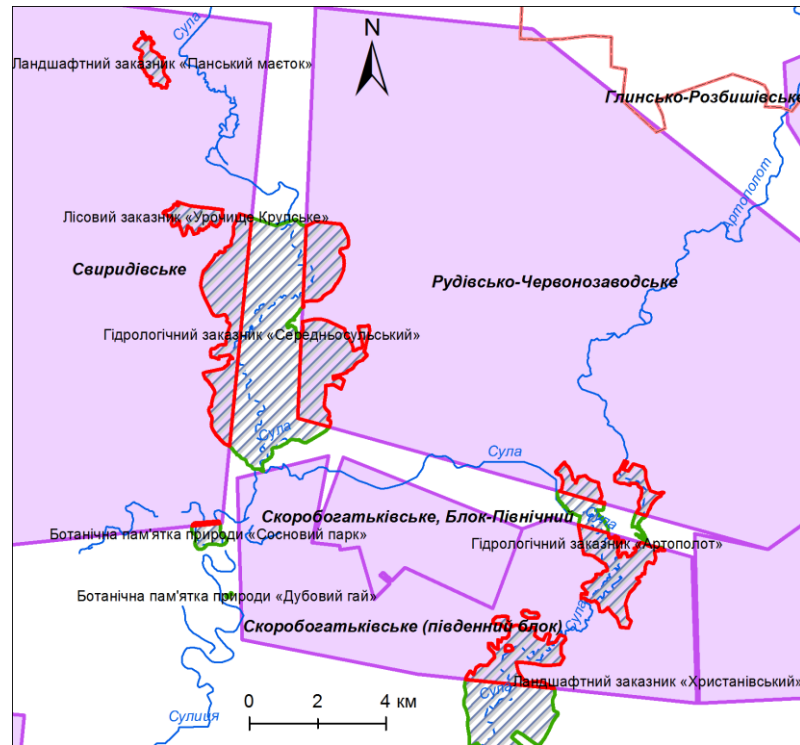


Рисунок 4.14 – Перекриття гідрологічних заказників із ліцензійними ділянками у басейні р. Сула, Полтавська область

У Харківській області у межах Деркачівсько-Войтенківської площі у Валківському районі повністю розташовані два гідрологічних заказники – Коломачки (витоки р. Коломак) та Іллюхівський (витоки р. Мож) сумарною площею 2 км<sup>2</sup>. На території Комсомольської площі розташований гідрологічний заказник Берестовий, який є витоком р. Берестова, а у межах Степківської площі повністю розташований гідрологічний заказник «Дмитрівський», в якому охороняються водно-болотні угіддя заплави р. Берека в Барвінківському районі. Окрім суто гідрологічних заказників і пам'яток природи, до меж родовищ можуть потрапляти орнітологічні заказники, в яких зберігаються водно-болотні угіддя як місця поселення водоплавних птахів (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7 – Просторове розташування гідрологічних об'єктів ПЗФ відносно ліцензійних ділянок

Обл.	Район	Родовища	Об'єкти ПЗФ	Площа перекриття, км <sup>2</sup>
Полтавська	Лохвицький	Рудівсько-Червонозаводське	ГіЗзз «Середньосульський»	6,13
			ГіЗмз «Артополот»	1,51
		Свиридівське	ГіЗзз «Середньосульський»	4,68
		Скоробогатьківське (південний блок)	ГіЗмз «Артополот»	3,20
	Зіньківський	Семиренківське	ГіЗмз «Романівський»	0,65
	Гадяцький	Клинсько-Краснознаменське	ГіЗмз «Артополот»	0,35
	Чорнухинський	Білоусівсько-Чорнухинська	ГіЗмз «Заплава р. Многа»	0,27
Полтавський	Руновщинська	ГіППмз «Криниця Петра І»	0,008	
Харківська	Валківський	Деркачівсько-Войтенківська	ГіЗмз «Коломачки» ГіЗмз «Іллюхівський»	2,04
	Нововодолазький	Комсомольська	ГіЗмз «Берестовий»	1,40
	Лозівський	Степківська	ГіЗмз «Дмитрівський»	0,40
		Герсеванівська	ОЗмз «Куплеватський»	0,36
	Краснокутський	Козіївське	ГіЗмз «Чернещинський»	0,06
Качалівське		ГіППмз «Мурафа»	0,004	

**Примітка.** Скорочення у таблиці: ГіЗзз – гідрологічний заказник загальнодержавного значення, ГіЗмз – гідрологічний заказник місцевого значення, ГіППмз – гідрологічна пам'ятка природи місцевого значення, ОЗмз – орнітологічний заказник місцевого значення

Зони перекриття об'єктів ПЗФ комплексного характеру заповідання значно більші, завдяки, як правило, великим розмірам території заповідних ландшафтів. Лідером у перекритті залишається Юзівська площа – до її меж потрапляє 76 км<sup>2</sup> заповідних територій комплексного характеру, завдяки її величезним розмірам – 6455 км<sup>2</sup> (лише у межах Харківської області). У її межах повністю розташовані РЛП «Ізюмська лука», ландшафтні заказники «Крейдянська лісова дача» та «Савинська лісова дача», створені на окремих ділянках р. Сіверський Донець, а також 18 інших об'єктів ПЗФ різних типів.

Найбільші та найщільніші зони перекриття виявлені для РЛП «Гадяцький», в якому охороняються водні екосистеми заплави р. Псел у середній течії в Полтавській області. Низка родовищ майже суцільним покривом накриває територію парку – це Млинська площа, Харківцівське родовище, Скиданівська площа, Перевозівське родовище, Бірківсько-

Юхнівська площа. Перевозівське родовище взагалі половину своєї площі (16,6 км<sup>2</sup>) має на території РЛП «Гадяцький», щоправда станом на початок 2019 року, ця ділянка має недійсний спецдозвіл на користування надрами (рисунок 4.15).

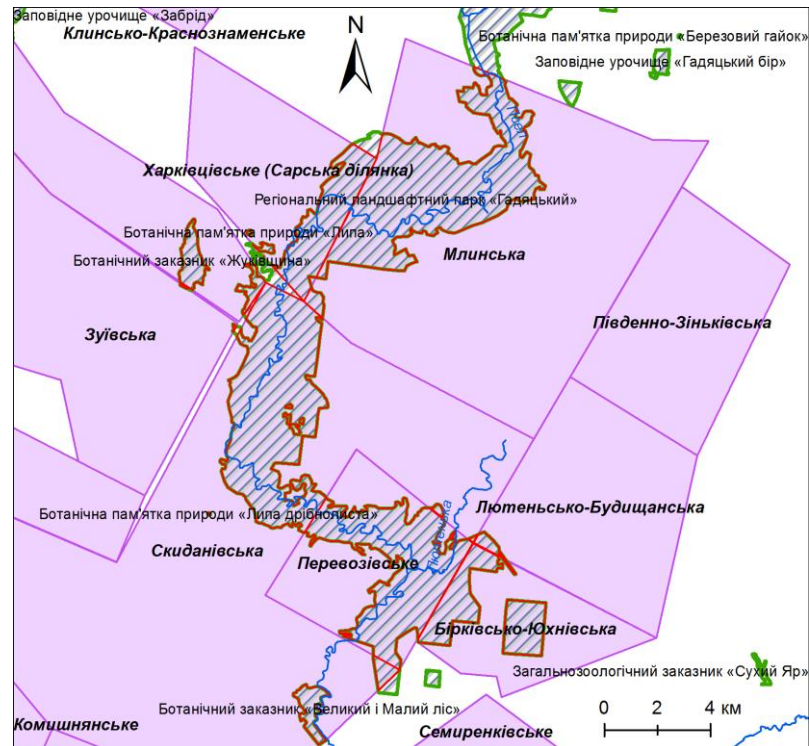


Рисунок 4.15 – Перекриття ліцензійних ділянок із РЛП Гадяцький у басейні р. Псел, Полтавська область

Також, зони перекриття з комплексними ПЗФ розміром більше 10 км<sup>2</sup> виявлені на Болотівсько-Західно-Суходолівській площі, яка перекривається з ландшафтним заказником «Новосанжарський», на Іордансько-Дейнеківській площі, яка перекриває частину РЛП «Диканський».

На окрему увагу заслуговує Козіївське родовище, розташоване в Краснокутському районі на правому підвищеному березі р. Мерла. Більша частина його площі належить до НПП «Слобожанський» (5,6 км<sup>2</sup>), а також воно включає гідрологічний заказник «Чернецьинський» (0,06 км<sup>2</sup>), в якому охороняється природне лісове озеро, що живиться джерельними водами. При загальній площі родовища 8,9 км<sup>2</sup> під об'єктами ПЗФ перебуває 64 % його площі.

Підсумовуючи проведений аналіз, можна сказати, що істотна частка гідрологічних об'єктів ПЗФ є під загрозою прямого негативного впливу нафтогазовидобувної діяльності. На всіх вищезазначених родовищах системи моніторингу природних вод повинні бути особливо детально розроблені та включати обов'язкові дослідження гідробіонтів і вищої водної рослинності на водних об'єктах, що охороняються.

Не менш важливі природоохоронні завдання виникають на ділянках перекриття родовищ із комплексними об'єктами ПЗФ, створеними в долинах річок для охорони водних екосистем заплав і водно-болотних угідь. Такими, наприклад, є РЛП «Гадяцький» на р. Псел, ландшафтний заказник місцевого значення «Ярмаківський» на р. Хорол, РЛП «Диканський» на р. Ворскла та низка менших за розміром об'єктів на основних притоках цих річок. Охоронювані водні екосистеми на вищевказаних заповідних ділянках також зазнають безпосередньої загрози від впливу нафтогазовидобувної діяльності та потребують окремого моніторингу стану водних об'єктів на заповідних ділянках.

#### **Висновки до розділу 4**

1. На основі багаторічних спостережень за станом підземних і поверхневих вод на родовищах Східного нафтогазоносного басейну було виявлено та досліджено осередки забруднення компонентами СПВ першого від поверхні водоносного горизонту (грунтових вод) і поверхневих водних об'єктів.

2. Найвищі рівні забруднення ґрунтових вод виявлені на ділянках експлуатації відкритих систем водопідготовки СПВ – вміст хлоридів і натрію перевищує ГДК для питних вод у 140–250 разів, стронцію і літію – у 10–50 разів, мінералізація забруднених підземних вод сягає 60–130 г/дм<sup>3</sup>. Проведені розрахунки показали, що за поточних умов швидкість розбавлення засоленого масиву ґрунтових вод за рахунок розбавлення інфільтраційними

атмосферними опадами дуже повільна – концентрації забрудників за 30 років знизяться всього в 6,25 разів [48].

3. Компоненти СПВ –  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  – виявляють у забруднених водах високу попарну кореляцію, що підтверджує їх спільне надходження до ґрунтових вод. Розподіл  $\text{Li}^+$  показує слабку кореляційну залежність із іншими іонами в забруднених водах, що зумовлено його нижчими міграційними властивостями, зокрема, ефектом його сорбції глинистими мінералами протифільтраційних екранів та гірських порід [61].

4. На ділянках витоків СПВ із водоводів та скидних свердловин формуються осередки забруднення ґрунтових і поверхневих вод помірного і високого рівня – мінералізація забруднених вод становить від 4 до 45 г/дм<sup>3</sup>, вміст  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$  перевищує ГДК у 7–90 разів [48, 53].

5. У забруднених поверхневих водах чітко вирізняється підвищена роль  $\text{Na}^+$  по відношенню до  $\text{Ca}^{2+}$ , у той час як у ґрунтових водах, навіть при високих рівнях забруднення, відносна частка  $\text{Ca}^{2+}$  в іонному складі залишається високою внаслідок вилуговування карбонатів ( $\text{CaCO}_3$ ) із суглинистих і супіщаних порід зони аерації та/або водовмісних порід четвертинного горизонту.

6. Міжпластові підземні води харківського та канівсько-бучацького водоносного горизонтів характеризуються регіональними відмінностями, які виражаються у підвищеному (відносно ГДК для питних вод) вмісті іонів, характерних для СПВ –  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ . Причини підвищених концентрацій пов'язані з природним надходженням цих компонентів до водного розчину із водовмісних порід морського походження та висхідного підживлення солонуватими водами в зонах соляного діапїризму.

7. Проведена оцінка умов взаємного розташування нафтогазовидобувних ділянок і заповідних водних об'єктів показала, що на 87 родовищах в межах Полтавської та Харківської областей існує ризик забруднення цінних водних екосистем в об'єктах ПЗФ загальною площею не менше 380 км<sup>2</sup>.



## РОЗДІЛ 5

# МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ЗДІЙСНЕННЯ МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНИХ ВОД НА ТЕРИТОРІЯХ НАФТОГАЗОПРОМИСЛІВ

### 5.1 Цілі та завдання моніторингу

Моніторинг природних вод на територіях нафтогазопромислів є системою регулярних спостережень за станом підземних і поверхневих водних об'єктів з метою виявлення та попередження негативного впливу нафтогазопромислових об'єктів на водні екосистеми та зниження якості питних вод. Як інформаційно-аналітична система, моніторинг включає в себе проведення збору даних (проведення вимірювань), накопичення та структурування даних (складання баз даних), оброблення, інтерпретацію та аналіз даних, на основі чого здійснюється оцінка впливу на природні води, прогнозується стан природних вод і приймаються рішення щодо управління екологічною безпекою підприємства (зниження або запобігання впливу, ліквідація наслідків виявленого впливу, впровадження компенсаційних заходів тощо) [64, 65, 136].

Специфікою діяльності нафтогазовидобувних підприємств, яка, на наш погляд, має бути врахована для організації моніторингу, є три аспекти: 1) підвищена екологічна небезпека, яка виражається у використанні великих об'ємів забруднювальних речовин (вуглеводнів, мінералізованих пластових вод, хімічних реагентів для виготовлення бурових і технологічних розчинів) та високих ризиках аварійних викидів; 2) значна просторова розповсюдженість НГВ інфраструктури в межах родовища, як за площею, так і з глибиною в надрах; 3) тривалість технологічних процесів освоєння кожного родовища у часі (десятки років). Іншими словами для території окремо взятого родовища ризику негативного впливу на природні води і довкілля в цілому будуть високими протягом довгого часу і на значній площі.

У таких умовах необхідність здійснення моніторингу довкілля, який має супроводжувати всі етапи НГВ діяльності на родовищі, виникає сама собою.

Ключовою характеристикою моніторингу є регулярність і безперервність досліджень, що дозволяє не лише не пропустити випадки негативного впливу, але й забезпечує нас коректними наборами даних для визначення тенденцій змін у часі та побудування прогнозних моделей цих змін. Виходячи з того, що об'єктами моніторингу виступають природні води, періодичність проведення регулярних спостережень має врахувати сезонні та багаторічні коливання у водному режимі території.

Територіальною одиницею в проектуванні та організації моніторингу доцільно вважати площу однієї ліцензійної ділянки, на якій має право розпоряджатися один надрокористувач згідно отриманого спеціального дозволу. У переважній більшості випадків межі ділянок, на які видаються дозволи на користування надрами, співпадають із контурами родовищ, виділених за результатами геологічної зйомки. Для організації моніторингу важливим є питання, що відповідальність надрокористувача розповсюджується на всю територію ліцензійної ділянки надр, на якій він має забезпечити відсутність негативного впливу на стан довкілля.

Площі сучасних ліцензійних ділянок надр у Східному басейні, винесених на інтерактивну карту ДНВП «Геоінформ» [66], становлять від 1,3 км<sup>2</sup> (Сагайдацьке родовище) до 7890 км<sup>2</sup> (Юзівська площа). У переважній більшості випадків моніторинг вод у межах однієї ліцензійної ділянки надр належить до категорії локального за своїми масштабами. До того ж, як правило, ділянки зосередження об'єктів нафтогазовидобувної інфраструктури є значно меншими за площу всієї ліцензійної ділянки. Тим не менше, на завершальній стадії освоєння родовища видобувна діяльність охоплює більшу його площу (як, наприклад, на Качанівському, Глинсько-Розбишівському, Анастасівському родовищах), а якщо взяти до уваги високу щільність розташування самих ліцензійних ділянок, то моніторингові дослідження можуть набувати регіонального характеру.

За призначенням моніторинг природних вод у межах нафтогазових родовищ може набувати таких типів: 1) фоновий – на ще не освоєних ділянках родовища з метою встановлення фонових стану вод до початку видобувної діяльності; 2) стаціонарний – охоплює всі ділянки родовища, де відбувається поточна експлуатація родовища; 3) кризовий – на ділянках аварійних ситуацій під час витоків вуглеводнів або СПВ для з'ясування площ та об'ємів забруднення; 4) післяексплуатаційний – на ділянках ліквідованих нафтогазових свердловин для виявлення залишкових довготривалих впливів, особливо у підземних водах [65]. Необхідність впровадження післяексплуатаційного моніторингу пов'язана також із ризиками забруднення довкілля із свердловин, що виведені з експлуатації [141].

Аналогічні типи моніторингу, крім післяексплуатаційного, із схожими завданнями, проте в більших масштабах, запропоновані у Водній рамковій директиві ЄС – *surveillance monitoring* (нагляд-моніторинг в офіційному перекладі), *operational monitoring* (функціональний моніторинг) та *investigative monitoring* (дослідницький моніторинг) [94, 152].

Основою для організації моніторингу підземних і поверхневих вод є локальні режимні мережі, створення яких окремо вимагається для нафтогазовидобувних підприємств, як таких, діяльність яких може негативно впливати на стан природних вод [13, 89, 116].

## **5.2 Етапність і періодичність проведення моніторингу**

Процедура здійснення моніторингу складається із двох основних стадій – розробка проекту моніторингу та, власне, виконання моніторингових досліджень. Розробка проекту моніторингу передбачає такі ключові етапи:

- 1) збір первинних даних та аналіз поточної екологічної ситуації на території діяльності нафтогазовидобувного підприємства (зазвичай у межах ліцензійної площі);

2) проведення рекогносцирувальних досліджень – польові обстеження території та відбір проб підземних і поверхневих вод за всією площею для встановлення фонових стану водних об'єктів;

3) вибір точок моніторингу із дослідженої сукупності до складу режимної мережі за встановленими критеріями;

4) спорудження спостережних свердловин на ділянках діючих нафтогазовидобувних об'єктів;

5) обґрунтування регламенту і показників спостережень, враховуючи можливі регіональні особливості складу підземних і поверхневих вод;

6) запуск моніторингу як системи регулярних спостережень (рисунки 5.1а).

Проведення власне моніторингових досліджень доцільно представляти як циклічну процедуру, порядок та обсяги здійснення якої можуть коригуватися щорічно. Схема щорічного циклу моніторингу наведена на рисунку 5.1б.



Рисунки 5.1 – Схема щорічного циклу моніторингу підземних і поверхневих

Періодичність проведення спостережень визначають два основних фактори – 1) природні коливання у гідрохімічному та гідродинамічному режимі природних вод та 2) зміни в режимах експлуатації родовища. У помірній кліматичній зоні, в якій розташований Східний нафтогазоносний басейн, коливання режиму поверхневих і неглибоких підземних вод, що живляться атмосферними опадами, носять яскраво виражений сезонний характер. Протягом року у режимі живлення поверхневих і ґрунтових вод (першого від поверхні водоносного горизонту) виділяються, як правило, два сезони межені (літня – у липні-серпні, зимня – у грудні-лютому) та два сезони інтенсивного живлення (навесні – у березні-квітні, восени – у жовтні-листопаді) [76]. Виходячи з цього, ми вважаємо, для поверхневих і ґрунтових вод (першого від поверхні водоносного горизонту) найбільш доцільною частотою для проведення моніторингу в стаціонарному режимі є щоквартальна (щосезонна). Другий від поверхні водоносний горизонт і більш глибокі горизонти, враховуючи відносну стабільність їхнього режиму і значно повільніші темпи водообміну, достатньо досліджувати двічі на рік, якщо не відбуваються аварійні викиди. Це дозволить скоротити витрати нафтогазовидобувного підприємства на проведення моніторингу і, в той же час, не знизить достовірності спостережень.

Така ж періодичність спостережень – щоквартальна для поверхневих і неглибоких підземних вод та напіврічна для міжпластових підземних вод – рекомендована у міжнародних настановах із моніторингу вод Європейського союзу [152, 157, 158, 159] та Всесвітньої організації охорони здоров'я [194], та за оцінками інших експертів [19].

У випадку залпових аварійних викидів забруднювальних речовин у водні об'єкти на цих ділянках розгортається кризовий моніторинг [65], періодичність якого залежить від масштабів забруднення, але має становити не рідше 1 разу на місяць для підземних вод і частіше для поверхневих.

### **5.3 Створення локальних мереж пунктів моніторингу підземних і поверхневих вод**

#### **5.3.1 Завдання і склад локальної мережі пунктів моніторингу**

Локальна мережа пунктів моніторингу складається із набору точок на місцевості, в яких здійснюються вимірювання показників якості підземних і поверхневих вод, відбираються проби води на лабораторний аналіз та оцінюється стан водних об'єктів згідно програми моніторингу.

Основними завданнями локальної мережі пунктів моніторингу за станом гідросфери на території НГВ промислів є такі:

- систематичне спостереження і своєчасне виявлення забруднення об'єктів гідросфери (особливо на ділянках водозаборів);
- контроль технічного стану об'єктів НГВ інфраструктури і виявлення порушень в режимі їхньої експлуатації (розгерметизація, витоки);
- оцінювання масштабів забруднення, визначення просторово-часових характеристик і прогноз розповсюдження ореолу забруднених вод;
- сигналізування про небезпеку для систем питного водопостачання для прийняття невідкладних заходів із недопущення споживання забрудненої води;
- стеження за процесами самоочищення забруднених підземних вод після ліквідації джерела забруднення (на ділянках після аварійного фонтанування свердловин, просочування залишків вуглеводнів у горизонтальних факельних амбарах, поривів водоводів супутніх пластових вод тощо);
- надання даних щодо фонового стану підземних і поверхневих вод на ділянках, де відсутня промислова діяльність на період спостережень.

Першочерговим завданням спостережної мережі є оперативне виявлення забруднення підземних і поверхневих вод на ділянках розташування об'єктів НГВ інфраструктури. У зв'язку з цим, пріоритетними

об'єктами для контролю мають виступати найбільше екологічно небезпечні, які становлять найвищі ризики забруднення водного середовища. До таких об'єктів ми відносимо (в порядку зменшення небезпеки забруднення водного середовища): відкриті ємності для накопичення і зберігання пластових флюїдів, водоводи та насосні станції для перекачування пластової води, свердловини для повернення СПВ у надра (скидні, нагнітальні), свердловини на стадії буріння, свердловини в режимі операцій ГРП, факельні амбари, установки з підготовки нафти і газу, експлуатаційні нафтові свердловини, експлуатаційні газові свердловини. Окремими об'єктами у даному переліку виступають ділянки аварійних свердловин, де внаслідок крупних аварій минулих років, утворилися техногенні водойми [50].

Вибір об'єктів (пунктів) спостережної мережі має проводитися відповідно до: 1) особливостей геоморфологічної, гідрологічної та гідрогеологічної будови району, 2) ландшафтної позиції технологічних об'єктів, які створюють загрозу забруднення природних вод, 3) розташування особливо вразливих до забруднення водних об'єктів. До останніх слід відносити:

- підземні води у межах ЗСО водозаборів централізованого водопостачання;
- підземні води у межах зон живлення індивідуальних джерел водопостачання (колодязів) та каптажів джерел;
- поверхневі водні екосистеми, що забезпечують біорізноманіття (водно-болотні угіддя, гідрологічні природно-заповідні об'єкти);
- поверхневі водні об'єкти господарського значення (рекреаційного, рибогосподарського);
- ділянки трансграничного переносу поверхневих та підземних вод.

Основу локальних мереж спостереження за підземними водами повинні скласти наявні водозабірні свердловини, які використовуються для організації господарського питного водопостачання, колодязі в сільських

населених пунктах та каптажі джерел за наявності. Але, територіальне розташування цих об'єктів на родовищі не завжди виявляється придатним для контролю впливу від певних об'єктів НГВ інфраструктури, тому обов'язковим елементом мережі є також спеціальні спостережні свердловини. Останні доцільно споруджувати на першій від поверхні водоносний горизонт (для контролю розливів на поверхні землі, витоків із трубопроводів та ємностей-накопичувачів) та на другий і третій від поверхні горизонти, якщо вони мають гідравлічний зв'язок із поверхнею землі. До того ж, саме ці більш глибокі горизонти у більшості виступають в якості джерел централізованого питного водопостачання у населених пунктах.

Необхідність охоплювати спостережною мережею як ґрунтові води (перший від поверхні водоносний горизонт), так і напірні підземні води зони активного водообміну, які є або можуть бути джерелами централізованого водопостачання (міжпластові води) визначена також у п. 3.2.3 Єдиного керівництва [59] та у міжнародних настановах з моніторингу [157, 158].

Окремі свердловини і пункти режимної мережі можуть вирішувати конкретні завдання, наприклад, контроль якості екранів шламонакопичувачів, відстеження динаміки аварійних ситуацій та ін.

По мірі збору інформації та виявлення нових джерел забруднення вод, а також із розвитком інфраструктури родовища склад режимної мережі повинен переглядатися, як в плані розширення на нові ділянки родовища, так і залучення більш глибоких водоносних горизонтів.

### 5.3.2 Принципи вибору та розміщення спостережних пунктів підземних вод

#### *Водозабірні свердловини*

Існуючі водозабірні свердловини обов'язково мають включатися до мережі пунктів моніторингу, оскільки це є майже єдиним способом досліджувати стан більш глибоких питних водоносних горизонтів. У сільській місцевості Лівобережної України розповсюдженими є артезіанські



водозабірні свердловини, споруджені на полтавський (на глибині 20–40 м), харківський (глибина 40–60 м) або канівсько-бучацький (близько 100 м) водоносні горизонти. За допомогою таких свердловин у переважній більшості сільських населених пунктів організоване централізоване водопостачання населення. Крім цього, такі свердловини часто споруджувалися на тваринницьких комплексах у радянські часи, і залишилися досі в експлуатації.

Іншими типами водозабірних свердловин, що представляють інтерес для моніторингу, є свердловини на об'єктах нафтогазовидобувної інфраструктури. Їх споруджують для постачання водою бурових майданчиків, установок з переробки нафти і газу, адміністративних будівель та інших промислових об'єктів. Виходячи з того, що зазвичай загальна кількість глибоких водозабірних свердловин на території родовища невелика, доцільним є включення до мережі моніторингу всіх наявних свердловин.

#### *Колодязі та приватні свердловини*

Традиційно колодязі у селах є основними водозабірними спорудами для питного та побутового водопостачання із першого від поверхні водоносного горизонту на глибині від 5 до 30 м. Тим більше, що у теперішній час спорудження колодязя або неглибокої свердловини на власному подвір'ї є технічно та фінансово доступним заходом для пересічних громадян. Враховуючи, те що колодязі або приватні неглибокі свердловини є у кожному дворі, для моніторингу слід вибирати такі, що відповідають певним критеріям:

- 1) розташовуватися нижче об'єктів НГВ інфраструктури за потоком ґрунтових вод;
- 2) регулярно та інтенсивно використовуватися – для того, щоб постійне оновлення води забезпечило репрезентативність проби підземних вод. Найбільше цьому критерію відповідають колодязі загального користування, розташовані на вулиці, або такі, що обладнані електронасосами;

3) перебувати в належному технічному стані і відповідати санітарним вимогам, встановленим в ДержСанПіН 2.2.4.171-10 – має бути кришка, достатня висота надземної частини, бетонне вимощення на усті та своєчасне очищення днища від осадів [25];

4) бути доступними для відвідування, відбирання проби і вимірювання статичних рівнів.

Досвід наших польових досліджень показує, що далеко не завжди обрані для моніторингу колодязі відповідають одночасно всім встановленим критеріям.

#### *Каптажі джерел*

Джерела, тобто природні місця зосередженого виходу підземних вод на поверхню землі, є дуже важливим та інформативним інструментом моніторингу. Вони надають можливість отримання репрезентативної проби підземних вод із певного водоносного горизонту без витрачання додаткових зусиль. Єдиним обмеженням їхнього залучення до мережі пунктів моніторингу є їхня наявність, адже для виникнення джерела повинні існувати певні гідрогеологічні умови – достатня ступінь ерозійного врізання до рівня підземних вод та високі фільтраційні властивості водоносної товщі. Часто доцільним є пошук необладнаних джерел у верхів'ях та під схилами балок, де формується витікання підземних вод у вигляді струмків та мочажин.

Можливість виміряти витрату джерела є дуже цінною характеристикою, оскільки це дозволяє гідрогеологічними розрахунками встановити контури та розміри області його живлення, а звідси уточнити напрямки можливого розповсюдження забруднення [28].

#### *Спостережні свердловини*

Спостережні гідрогеологічні свердловини є фактично єдиним інструментом контролю підземних вод безпосередньо на ділянках НГВ об'єктів, оскільки колодязі та водозабірні свердловини у населених пунктах віддалені щонайменше на розмір С33 (300–500 м). Спостережні свердловини

першими мають сигналізувати про забруднення підземних вод за рахунок витоків рідких нафтопродуктів, СПВ та технологічних розчинів.

Основними принципами їхнього розміщення є:

- 1) максимально можлива наближеність до промислових об'єктів, що є потенціальними джерелами забруднення підземних вод;
- 2) розташованість нижче джерел забруднення за напрямками потоку підземних вод;
- 3) доступність місця спостережної свердловини для її спорудження та подальшої експлуатації (наявність під'їзних шляхів).

Обов'язковому контролю спостережними свердловинами має підлягати перший від поверхні водоносний горизонт (грунтові води). Найбільші ризики витоків виникають на поверхні землі, тому ґрунтові води виступатимуть першим горизонтом, що отримає забруднення. Але, можлива наявність гідравлічного зв'язку першого водоносного горизонту з більш глибокими, зобов'язує організовувати спостереження і за ними. Це може бути досягнуто шляхом встановлення додаткових спостережних свердловин принаймні на другий від поверхні водоносний горизонт, як це реалізовано нами на Качанівському, Бугруватівському та інших родовищах, або шляхом включення до спостережень вже готових свердловин, споруджених на більш глибокі горизонти, які використовувалися (або використовуються) як водозабірні, наприклад, для потреб буріння.

### 5.3.3 Принципи вибору та розміщення спостережних пунктів поверхневих вод

Вибір пунктів моніторингу поверхневих вод має здійснюватися на основі басейнового підходу, для чого спочатку необхідно представити територію родовища як набір локальних водозбірних площ, межі та розміри яких визначаються формою рельєфу. Пункти моніторингу, звичайно, мають розташовуватися на шляху можливих техногенних потоків від об'єктів НГВ інфраструктури. Але, не менш важливим критерієм є доступність точок для

під'їзду на місцевості. Точка, теоретично вдало розміщена на виході з ділянки можливого впливу, може виявитися недоступною для відвідування під час польових досліджень з причин відсутності доріг або, наприклад, затоплення території навесні паводковими водами.

Тому, пропонується вирішувати поставлене завдання з проектування спостережних пунктів поверхневих вод за такими етапами:

- 1) визначити потенційні місця розташування пунктів моніторингу на топографічній основі за принципом розміщення уздовж тальвегів основних водотоків родовища;

- 2) провести польові рекогносцирувальні обстеження обраних точок для того, щоби встановити доступність для подальшого відвідування і відбирання проб (розташування на мостах, біля доріг тощо); виконати коректування місць розташування точок за необхідності;

- 3) винести відкориговані точки на карту і побудувати контури водозбірних площ для кожної із визначених точок геоінформаційними засобами на основі цифрової моделі рельєфу;

- 4) проаналізувати отримані водозбірні площі кожної точки на предмет, які об'єкти нафтогазової інфраструктури припадають на кожний контур, а також визначити наявність джерел стороннього забруднення вод;

- 5) коригувати місця розташування пунктів моніторингу після проведення перших відборів проб або у разі змін в інфраструктурі родовища, з виконанням відповідного коректування контурів водозбірних площ для кожної точки.

Завдання із моделювання контурів водозбірних площ ефективно й швидко вирішуються із застосуванням інструментів геоінформаційних систем на основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР) території. Сучасний рівень розвитку геоінформаційних технологій дозволяє нам користуватися готовими глобальними ЦМР, побудованими за даними супутникової зйомки, які є у відкритому доступі – SRTM, ASTER GDEM. Роздільна здатність глобальних ЦМР становить 30–90 м на лінії екватору і є цілком достатньою для побудови

водозбірних площ регіонального рівня, наприклад, басейну таких річок як Оріль, Ворскла, Псел площею 10–20 тис. км<sup>2</sup>. Але під час проектування мережі пунктів моніторингу на одному родовищі, де розглядаються площі водозборів на рівні мікробасейнів стоку (менше 1000 км<sup>2</sup>) у масштабах 1:2000 – 1:10000. Для такого масштабу глобальні моделі ЦМР непридатні, оскільки створюють значні похибки.

Тому, у роботі запропонований алгоритм створення локальної ЦМР на основі векторизації рельєфу топографічних карт та побудови поверхні землі методом моделювання нерегулярної триангуляційної мережі (TIN). Етапи створення локальної ЦМР для розміщення пунктів моніторингу включають такі процедури: 1) прив'язка растрових топографічних карт масштабу 1:50 000 і крупніше; 2) векторизація елементів рельєфу: горизонталі, хребти, тальвеги, точки висот, дзеркала поверхневих водних об'єктів; 3) коригування ліній перегину поверхні (тальвеги, хребти) за даними ДЗЗ; 4) побудування триангуляційної мережі (TIN) по відкоригованим векторним даним рельєфу; 5) перетворення TIN-поверхні на растр висот високої роздільної здатності 5–10 м.

Наступним кроком є визначення контурів водозбірних басейнів на основі отриманого растру висот. Для цього ми використали інструменти з гідрологічного моделювання набору Spatial Analyst у програмі ArcGIS. Процедура створення водозбірних площ включала такий алгоритм: 1) створення ЦМР без внутрішніх понижень; 2) визначення напрямків поверхневого стоку; 3) визначення ділянок акумуляції стоку; 4) задання створів та їх прив'язка до растру акумуляції стоку; 5) оконтурювання водозбірних площі для заданих створів.

Створення ЦМР без внутрішніх понижень є процедурою коригування отриманого растру висот і заповнення помилкових одиничних понижень для отримання безперервної поверхні потоку. Напрямки потоку визначаються відповідно до різниці висот кожної комірки по відношенню до 8 сусідніх. У результаті комірка отримує код, який розраховується як максимальне

значення частки ділення різниці висот між сусідніми комірками  $Z$  і відстані між центрами комірок  $df$ :

$$S_{i,j} = \max\left(\frac{Z_{i,j} - Z_{i+a,j+b}}{df_{a,b}}\right). \quad (5.1)$$

Створення растру акумуляції стоку ґрунтується на підрахунку кількості комірок, розташованих вище кожної комірки за течією. На основі отриманих растрів напрямків і акумуляції стоку визначаємо всі комірки, стік з яких прямує до обраної точки моніторингу. Останнім етапом є конвертація растру водозбірних площ у векторні полігональні об'єкти, до яких доцільно застосувати перевірку на топологію меж, щоб уникнути помилкового перекриття водозбірних площі між собою та проміжків між ними.

## 5.4 Методи і засоби реалізації режимних спостережень

### 5.4.1 Відбирання проб підземних і поверхневих вод

Настанови щодо складання програм відбирання проб, способів та прийоми відбирання проб підземних і поверхневих вод, зберігання і транспортування проб наведені у чинних настановах серії ДСТУ ISO 5667 1–19 [38–43]. Найбільш релевантними для проведення моніторингу на об'єктах НГВ комплексу є настанови, викладені у стандартах ДСТУ ISO 5667-4 (для природних та штучних озер), 5667-6 (для водотоків), 5667-11 (для підземних вод), 5667-18 (для відбору проб підземних вод із забруднених місць). Технічні вимоги щодо самої процедури відбирання проб викладені у вказаних стандартах достатньо повно й обґрунтовано.

Специфікою відбирання проб води під час моніторингу на об'єктах НГВ комплексу є декілька аспектів:

- 1) широке застосування спостережних свердловин, загальноприйнята методика відбирання проб з яких потребує обов'язкового попереднього прокачування електронасосом для видалення застійної води зі стовбуру свердловини;

2) гравітаційна диференціація забруднених водних масивів за рахунок різної густини (мінералізована вода – прісна вода, вода – рідкі вуглеводні), що зумовлює необхідність відбирання проб із різних глибин, як для поверхневих водних об'єктів, так і для підземних водоносних горизонтів;

3) просторова розподіленість пунктів моніторингу на одному родовищі, яка потребує багато часу для виконання всіх завдань із випробування та підвищує час простоювання проб до передавання в лабораторію.

У ДСТУ ISO 5667-18 в обов'язковому Додатку А наведена методика обчислення частоти відбирання проб підземних вод із забруднених місць за допомогою номограм [41]. Дана методика передбачає, що періодичність відбирання проб у кожній конкретній точці має залежати від фільтраційних параметрів водовмісних порід (коефіцієнту фільтрації, гідравлічного градієнту, коефіцієнту ефективної пористості) та відстані від точки моніторингу до джерела забруднення вздовж напрямку потоку.

Важливим аспектом у спорудженні спостережних свердловин та проведенні спостережень є врахування фізичних властивостей забрудників підземних вод. Рідкі фракції вуглеводнів завдяки своїй меншій щільності ( $0,82\text{--}0,90\text{ г/см}^3$ ) концентруються на поверхні ґрунтових вод. Натомість, СПВ, маючи високу мінералізацію та підвищену щільність ( $1,0\text{--}1,2\text{ г/см}^3$ ), накопичуються у нижній частині водоносної товщі.

Така гравітаційна диференціація зумовлює необхідність ретельного вибору глибини під час проектування спостережної свердловини, або впровадження поінтервального відбирання проб підземних вод із спостережних свердловин. Технології для проведення поінтервального відбирання проб існують – це вирішується за допомогою багатоканальних гнучких труб СМТ (Continuous Multichannel Tubing), які дозволяють відбирати проби води через ізольовані канали на семи різних інтервалах в одній спостережній свердловині (рисунок 5.2).

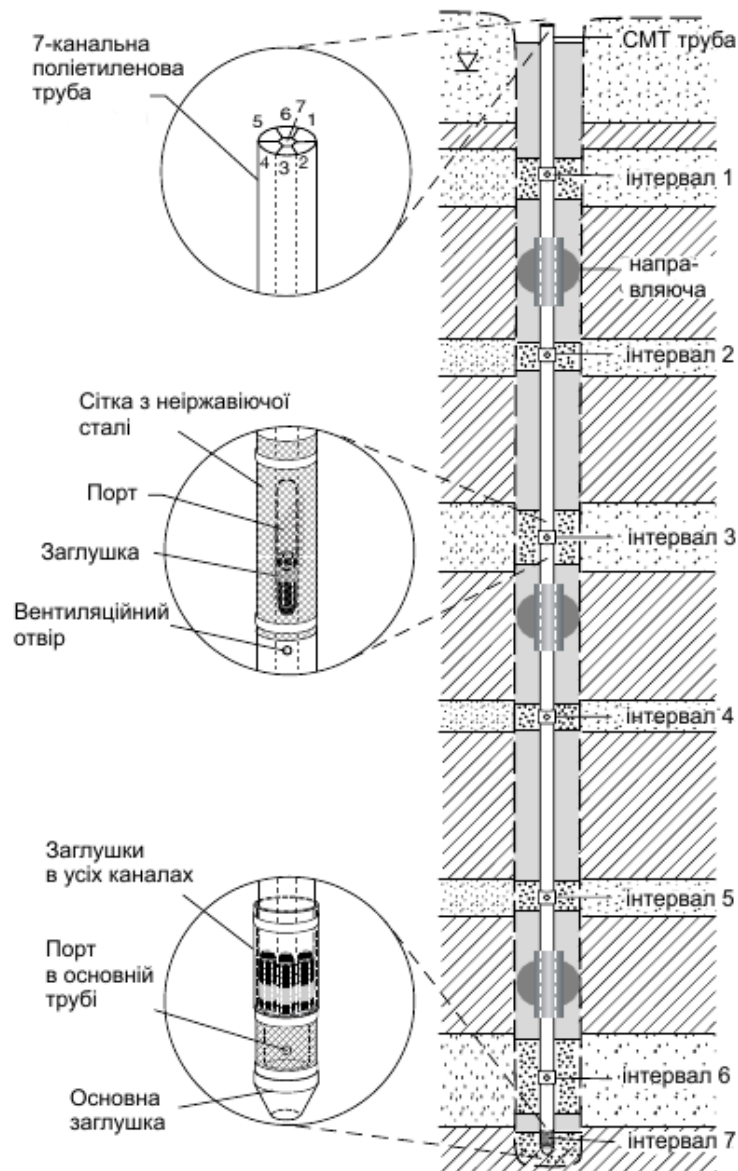


Рисунок 5.2 – Принцип використання багатоканальних труб у спостережних свердловинах для поінтервального відбирання проб [177]

Завдяки невеликому діаметру багатоканальних труб (10–50 мм) під час прокачування свердловини необхідно застосовувати режим повільного потоку (low flow) – менше  $0,5 \text{ дм}^3/\text{хвилину}$ , що дозволить отримати репрезентативну пробу без викачування великих об'ємів води, а також не створює скаламучення в прифільтровій зоні і не призводить до значних амплітуд пониження рівня підземних вод [172].



#### 5.4.2 Польові дослідження

Польові дослідження є невід'ємною частиною спостережень за станом водних об'єктів, адже вони надають можливість встановити такі параметри, що є дуже мінливими у часі і характеризують стан вод на момент вимірювання. Оптимальний набір польових показників має включати три основних блоки – 1) вимірювання кількісних гідродинамічних характеристик водних об'єктів (рівнів і витрат підземних вод, витрат поверхневих водотоків); 2) вимірювання фізико-хімічних показників і вмісту нестабільних у часі компонентів; 3) візуальні спостереження за наявністю ознак забруднення за органолептичними показниками (кольором, запахом) (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Рекомендований склад польових досліджень у складі моніторингу вод на родовищах нафти і газу

Група показників	Показник	Методи і засоби вимірювання	Інформативність
Гідро-динамічні показники	Рівні підземних вод (у свердловинах і колодязях)	Гідрогеологічна рулетка з хлопавкою, електрорівнемір	Характеризують сезонні коливання у живленні ґрунтових вод, ступінь спрацювання запасів для міжпластових вод; контролюють зміну динамічного рівня під час прокачування свердловин
	Витрата джерел	Калібрована тара і секундомір	Характеризує сезонні коливання у живленні підземних вод, величину ресурсів, доступних для водокористування
	Витрата потоку поверхневих водотоків	Гідрологічна вертушка	Характеризує сезонні коливання у живленні поверхневих вод
Фізико-хімічні і хімічні показники	Температура, водородний показник (рН), питома електропровідність, ОВП	Потенціометричні портативними приладами	Надають попереднє уявлення щодо якісного стану вод; оперативно виявляють зміни у складі вод по відношенню до попередніх замірів; дозволяють контролювати процес прокачування свердловин
	$\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$	Іон-селективні електроди	Надають достовірні концентрації у воді нестабільних показників

Кінець таблиці 5.1

Група показників	Показник	Методи і засоби вимірювання	Інформативність
Органо-лептичні показники	Наявність вуглеводневої плівки на поверхні води	Візуальні спостереження на водних об'єктах	Є прямою ознакою забруднення водного об'єкту витоками нафтопродуктів
	Наявність світлих плям засолення на поверхні ґрунту	Обстеження території, аналіз супутникових знімків	Є прямою ознакою витоків СПВ із водоводів або технологічних ємностей і забруднення природних вод і ґрунтового покриву

Мінімальним обов'язковим набором показників із вищенаведеного переліку слід вважати вимірювання рівнів підземних вод, фізико-хімічних показників (температура, водородний показник рН, питома електропровідність, окисно-відновний потенціал) та візуальні спостереження. Цей набір дозволить виконати основні завдання моніторингу щодо оперативного виявлення забруднення вод на ділянках нафтогазовидобувної діяльності та встановлення тенденцій змін у стані водних об'єктів.

## 5.5 Обґрунтування індикаторів негативного впливу на підземні і поверхневі вод від нафтогазовидобувних об'єктів

### 5.5.1 Рівні підземних вод

Обов'язковим показником стану підземних вод є визначення їхніх статичних рівнів та встановлення коливань рівнів у часі. Вимірювання рівнів води ми рекомендуємо проводити в усіх свердловинах та колодязях, що включені до спостережної мережі. Інструментом для вимірювання може виступати традиційна гідрогеологічна рулетка із металевим розміченим тросом (або стрічкою) та хлопавкою на кінці. Точність вимірювань рівнів у такий спосіб сягає 1 см, що є достатнім для отримання достовірних результатів. Для прискорення процесу вимірювання та підвищення точності доцільно використовувати сучасні електричні рівнеміри, принцип дії яких заснований на різниці провідності повітря та води. У випадку наявності на

поверхні ґрунтових вод шару рідких вуглеводнів, як це було нами виявлено на ділянці факельного амбару на Андріяшівському родовищі, електричний рівнемір дозволить розрізнити нафтопродукти, повітря та воду і виміряти товщину шару вуглеводнів. У свою чергу це дозволяє оцінити об'єми забруднювальних речовин, що потрапили у підземне середовище.

Під час вимірювання статичних рівнів у колодязях і спостережених свердловинах пропонується встановлювати висоту надземної частини та враховувати її в обчисленні абсолютної позначки рівня ґрунтових вод:

$$H_{\text{абс. РГВ}} = H_{\text{абс. пов. уст.}} - H_{\text{РГВ}} + H_{\text{надз. част.}} \quad (5.2)$$

де  $H_{\text{абс. РГВ}}$  – абсолютна відмітка рівня ґрунтових вод;

$H_{\text{абс. пов. уст.}}$  – абсолютна відмітка поверхні землі на усті свердловини (колодязя);

$H_{\text{РГВ}}$  – рівень ґрунтових вод, виміряний у свердловині (колодязі);

$H_{\text{надз. част.}}$  – висота надземної частини свердловини (колодязя) від поверхні землі.

### 5.5.2 Польові фізико-хімічні показники

Вимірювання фізико-хімічних показників природних вод *in situ* є надійним інструментом отримання первинної інформації щодо стану досліджуваного водного об'єкту. Для проведення моніторингу вод на НГВ територіях найдоцільнішими для польових вимірювань ми вважаємо показники температури води, питомої електропровідності, водневого показника (рН) та окисно-відновного потенціалу (редокс-потенціалу, Eh) (таблиця 5.2).

Важливою характеристикою вище означених показників є простота вимірювань, а також надійність та доступність портативних приладів для їх вимірювань.

Таблиця 5.2 – Польові фізико-хімічні показники стану вод

Показник, одиниці вимірювання	Метод вимірювання	Достатній діапазон та точність вимірювань	Інформативність показника
Температура, °C	потенціометричний	2 ÷ 30 °C 0,1 °C	1) виявляє теплове забруднення підземних і поверхневих вод, 2) визначає віддаленість поверхневого водотоку від місця виходу води з-під землі (джерела)
Питома електропровідність, мС/см	кондуктометричний	0,01 ÷ 10 мС/см 0,01 мС/см	1) представляє загальний вміст розчинених солей у воді, дозволяє розрахувати орієнтовну величину мінералізації 2) сигналізує про забруднення у випадку різкого підвищення відносно попередніх вимірів
Водневий показник (рН), од.	потенціометричний	4,0 ÷ 12,0 од. 0,1 од.	1) характеризує міграційні умови для сполук металів зі змінною валентністю (Fe, As, V), 2) характеризує агресивність вод по відношенню до гірських порід, інфільтраційних екранів та трубопроводів
Окисно-відновний потенціал (Eh), мВ	потенціометричний	-500 ÷ +500 мВ 1 мВ	1) характеризує міграційні умови для сполук 2) свідчить про ступінь насиченості поверхневих вод вільним киснем та придатності для проживання гідробіонтів

На сьогоднішній день на ринку обладнання для гідрологічних досліджень існує широкий асортимент доступних компактних приладів, у яких скомбіновані саме ці чотири показники, що значно прискорює та здешевлює проведення вимірювань. Польові вимірювання, проведені нами на досліджених родовищах, результати яких представлені в цій роботі, були виконані приладами Hanna Instruments HI-98130 Combo, HI-98121 (виробництво Румунія), Ezodo 7200 (Тайвань), ULAB SX751 (Китай).

Ще однією ключовою функцією вище означених польових показників є контроль прокачування спостережних свердловин та визначення репрезентативності проби підземної води. Національними та зарубіжними настановами з моніторингу підземних вод [40, 158] до відбирання проб

вимагається проводити попереднє прокачування спостережних свердловин і вибирання застійної води зі стовбуру. Рекомендований об'єм вибирання становить не менше 3–5 об'ємів стовбуру свердловини. Час, потрібний для вибирання певного об'єму підземної води можна розрахувати за формулою:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{\pi R^2 H}{Q} = \frac{\pi R^2 (H_{\text{РГВ}} - H_{\text{виб.}})}{Q}, \quad (5.3)$$

де  $t$  – час, необхідний для вибирання заданого об'єму води, хвилини;

$V$  – заданий об'єм води для вибирання, м<sup>3</sup>;

$Q$  – продуктивність насоса, м<sup>3</sup>/хвилину;

$R$  – радіус стовбуру свердловини, м;

$H$  – висота стовбуру води у свердловині, м;

$H_{\text{РГВ}}$  – статичний рівень ґрунтових вод, виміряний у свердловині, м;

$H_{\text{виб.}}$  – глибина до вибою свердловини, м.

Діаметри спостережних свердловин, що споруджені на досліджених родовищах зазвичай становлять 160–200 мм, що визначається технічними можливостями доступних бурових станків та розмірами електронасосів, які використовуються для відбирання проб. Типові занурені електронасоси, що використовуються для прокачування свердловин, мають продуктивність 0,1–0,5 л/сек у залежності від потужності насоса та глибини занурення.

У більшості випадків глибина статичних рівнів підземних вод у спостережних свердловинах, споруджених на першій від поверхні водоносний горизонт, становить 5–10 м, а глибина свердловин – 15–20 м. Виходячи з цього, за формулою (5.3) ми розрахували орієнтовний час, потрібний для вибирання необхідних об'ємів підземних вод із спостережних свердловин (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 – Розрахункові величини часу, необхідного для прокачування спостережних свердловин

Висота стовбуру води у св-ні, м	Радіус стовбуру св-ни, мм	Об'єм води у стовбурі св-ни, м <sup>3</sup>	Продукт-сть насосу, л/сек	Час вибирання 3-х об'ємів стовбуру, хвилини
5	168	0,11	0,20	28
10		0,22	0,15	74
15		0,33	0,10	166

Як бачимо з результатів розрахунку, час для вибирання достатньої кількості води під час прокачування однієї свердловини може становити від 0,5 до 3 годин і, навіть більше, якщо свердловина має діаметр більший за прийнятий у розрахунках. Таким чином, на великих за площею родовищах, де нами була встановлена щільна мережа спостережних свердловин, як наприклад на Качанівському (33 свердловини), Глинсько-Розбишівському (45 свердловин), Ігнатівській групі (26 свердловин), процедура відбирання проб на одному родовищі, з урахуванням переїздів між свердловинами, може затребувати більше тижня. Якщо ж брати до уваги, що деякі з компонентів, що визначаються у пробах є нестабільними у часі (гідрокарбонати, амоній, сполуки металів), то такі затягнуті терміни відбору проб можуть негативно вплинути на репрезентативність відібраних проб.

Уникнути цього дозволяє контроль фізико-хімічних показників води під час прокачування на виході із свердловини. Практика показала, що відносна стабілізація всіх чотирьох вимірюваних показників сигналізуватиме про надходження свіжої води з пласта та можливість відбору проби. Такий підхід дозволяє відібрати репрезентативну пробу раніше розрахункового часу прокачування, що скорочує затрачений час і кошти на проведення польових робіт.

Для дослідження хімічного складу підземних і поверхневих вод найбільш інформативним польовим показником є питома електропровідність води. Здатність розчину проводити електричний струм напряму залежить від кількості розчинених у ньому хімічних речовин (солей), тому питома

електропровідність води має в цілому сильну позитивну кореляцію з її мінералізацією (загальним вмістом розчинених солей) [83]. Якщо у певній точці моніторингу відбулося помітне зростання вмісту основних іонів за рахунок привнесення забруднювальних речовин, розчинених у воді, питома електропровідність відобразить ці зміни пропорційно відношенню до попередніх замірів. Це дозволяє оперативнo, ще до здійснення лабораторного аналізу, виявити забруднення вод та, по можливості, відразу здійснити заходи щодо пошуку джерела забруднення та його усунення.

Майже пряма залежність між величиною питомої електропровідності та загальним вмістом розчинених солей дає змогу визначити очікувану мінералізацію води, тобто отримати значення мінералізації до виконання лабораторних аналізів. Співвідношення величини мінералізації природних вод у мг/дм<sup>3</sup> до питомої електропровідності у мкСм/см перебуває зазвичай у межах 0,5–0,8 і залежить від іонного складу води, температурних умов та інших факторів. Іноді в природних озерах із застійним придонним шаром (мероміктових) та штучних водоймах із дуже інтенсивним забрудненням вод це співвідношення може досягати 1,4 [163]. Для більш точного визначення співвідношень застосовують методики, які враховують молярні концентрації іонів у складі води, заряд та іонну силу окремих іонів у розчині. Для вдосконалення розрахунку використовуються також гіпотетичні пари аніон-катіон у розчині [176]. За оцінками з роботи [176] у різних вибірках природних вод похибка прогнозування питомої електропровідності за цим методом може становити до 25%.

Для визначення залежностей мінералізації та питомої електропровідності у роботі було проведено статистичне опрацювання результатів багаторічного моніторингу для різних типів вод та розраховано коефіцієнт відношення:

$$K = \frac{M}{EC}, \quad (5.4)$$

де  $M$  – мінералізація води, мг/дм<sup>3</sup>;

ЕС – питома електропровідність, мкС/см.

Результати показали, що для опрацьованого набору даних найкраща кореляція виявляється для ґрунтових вод ( $R^2 = 0,97$ ), для поверхневих і міжпластових – дещо нижча ( $R^2 = 0,88$  і  $0,79$  відповідно) (Додаток Е). Відношення М/ЕС становить в середньому від 0,64 до 0,71 із варіацією  $\pm 30\%$  (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 – Статистичні показники відношення мінералізації та електропровідності (М/ЕС) досліджених вод

Показник	поверхневі	ґрунтові	міжпластові	
			канівсько-бучацький горизонт	харківський горизонт
Діапазон значень	0,16 – 1,92	0,11 – 1,99	0,24 – 1,63	0,15 – 1,92
<b>Середнє</b>	<b>0,71</b>	<b>0,66</b>	<b>0,64</b>	<b>0,69</b>
ст. відхилення	0,21	0,26	0,15	0,24
коэф-т варіації	29,9	39,3	23,9	35,2
n вимірювань	1584	3409	492	389

Отримані коефіцієнти можуть бути використані для попередньої оцінки мінералізації води на стадії польових досліджень у ході моніторингу на родовищах.

### 5.5.3 Гідрохімічні показники

Із проведеного в роботі аналізу підземних і поверхневих вод різного ступеню забруднення на нафтогазових родовищах випливає, що підвищений вміст іонів хлоридів, натрію, кальцію, стронцію та літію можна вважати індикаторами забруднення природних вод пластовими водами. У підземних водах із високим рівнем забруднення на ділянках витоків СПВ всі означені компоненти присутні у високих концентраціях. З іншого боку, підвищення вмісту цих компонентів може бути зумовлено сторонніми джерелами надходження, не пов'язаними з видобуванням вуглеводнів та поведженням з СПВ. Звідси, постає завдання розрізнити джерела підвищеного вмісту



досліджуваних компонентів у природних водах та відокремити СПВ від інших джерел забруднення.

Одним із перших запропонованих показників ідентифікації забруднення природних вод компонентами СПВ є співвідношення вмісту хлоридів ( $\text{мг/дм}^3$ ) до питомої електропровідності води ( $\text{мкС/см}$ ), значення якого для забруднених природних вод становило більше 0,035, згідно результатів досліджень для нафтогазових родовищ в Монтані (США) [179]. Проте, на наш погляд, застосування такого показника ефективно лише для водних об'єктів відносно однорідного іонного складу, оскільки електропровідність води залежить від типу переважаючих іонів (їхньої валентності, іонної сили) та зовнішніх факторів (температури) [163, 176]. Крім того, за умов використання такого показника інші джерела надходження хлоридів у водні об'єкти на території мають бути відсутні.

Для відокремлення забруднення компонентами СПВ від інших джерел засолення є рекомендації використовувати, наприклад, коефіцієнт  $\text{Br}^-/\text{Cl}^-$ , [195] оскільки броміди є характерним компонентом СПВ. Підвищений вміст бромідів підтверджується і у складі СПВ Дніпровсько-Донецької западини, хоча і має певні варіації як у латеральному, так і вертикальному напрямках [2, 16]. Слід зауважити, що використання бромідів для моніторингу має певні обмеження, пов'язані, перш за все, із складністю аналітичних методів (завдяки гідрохімічній близькості  $\text{Br}^-$  до  $\text{Cl}^-$ ) та невисокою точністю визначення, особливо при низьких концентраціях у пробі.

Вітчизняні дослідники у своїх роботах під час виявлення впливу від СПВ в основному також орієнтуються на підвищений вміст хлоридів і натрію, як найбільш доступних для аналізу та простих у визначенні компонентів. У 2017 році Пукішем А. В. та Мандриком О. М. було запатентовано спосіб визначення впливу СПВ на природні води, заснований на розрахунку і співставленні кореляційних зв'язків між основними іонами та мінералізацією [125]. За представленим способом вплив СПВ на природні води ідентифікується наявним для тих проб, в яких кореляційні зв'язки між

парами  $\text{Ca}^{2+}-\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+-\text{Cl}^-$ , мінералізація– $\text{Cl}^-$ , мінералізація– $\text{Na}^+$ , мінералізація– $\text{Ca}^{2+}$  є сильними або тісними ( $r > 0,70$ ). Цей спосіб дійсно дозволяє оцінити наявність впливу, оскільки одночасна присутність  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  і  $\text{Ca}^{2+}$  у переважній більшості випадків може бути пов'язана саме з СПВ. Проте, автори залишають поза увагою, що для застосування даного способу необхідно мати достатню за розміром вибірку даних по кожній точці моніторингу. Для отримання статистично значимого результату така кількість має становити не менше 8 значень. Тобто представлений спосіб може бути достовірно використаний для точок, в яких термін спостережень становив не менше, ніж 2 роки при щоквартальному відборі. Крім того, досвід наших спостережень показує, що у першому від поверхні водоносному горизонті, який є найбільш незахищеним, частіше трапляється комплексне забруднення, коли відбувається одночасне надходження  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  і  $\text{Ca}^{2+}$  із різних джерел. Звичайно, при цьому підвищується і мінералізація, тому результати оцінки можуть виявитися некоректними.

Таким чином, ми вважаємо, що для достовірного визначення впливу СПВ на природні води необхідно залучити мікрокомпоненти, які мають бути присутні в СПВ та, по можливості, бути нехарактерні для зони верхнього водообміну. Таким вимогам відповідають літій та стронцій, хоча і з деякими обмеженнями.

На наш погляд, оптимальною практикою для вибору показників впливу СПВ на природні води є поетапний підхід. Це означає, що для першої ідентифікації можливого впливу достатньо застосувати прості показники, які відрізняються експресністю виконання та дешевизною. Для тих точок, де були виявлені відхилення у бік потенційного впливу СПВ, необхідно проводити більш детальні і точні вимірювання.

Найпростішим і найдоступнішим, але інформативним показником, виступає питома електропровідність води, величина якої прямо пропорційна загальній кількості розчинених у воді солей [83]. Цей показник легко вимірюється *in situ* у кожній точці моніторингу загальнодоступними

портативними приладами потенціометричним методом, який має достатню точність. Значення питомої електропровідності відразу дозволяє розрахувати очікувану мінералізацію води, якщо застосувати відповідні коефіцієнти перерахунку.

На наступному етапі у точках із підвищеною (у часі або відносно фону) електропровідністю проводять аналіз частки хлориду, натрію і кальцію як основних іонів, характерних для СПВ. Одночасне підвищення вмісту трьох іонів означає високу ймовірність, що джерело забруднення – це СПВ. Підвищення ролі  $\text{Ca}^{2+}$  у забруднених підземних водах із часом може бути ознакою «старого» забруднення, оскільки агресивні кислі (рН 4–6) пластові води здатні активно вилуговувати карбонати із водовмісних порід.

Наступний крок полягає у залученні мікрокомпонентів – стронцію і літію, які є рухомими і відносно токсичними компонентами СПВ (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5 – Геохімічні характеристики стронцію та літію [83]

Компонент	Коеф-т водної міграції	Рухомість	Особливості геохімічної міграції	Ступінь токсичності
Стронцій $\text{Sr}^{2+}$	$n \cdot 10^0 - n \cdot 10^1$	Рухомі	За геохімічною поведінкою схожий на Ca, висока розчинність $\text{SrSO}_4$ , низька у $\text{SrCO}_3$	Середній
Літій $\text{Li}^+$	$n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^0$	Слабо-рухомі	Слаборухомий мігрант, нехарактерний для прісних вод зони активного водообміну	Слабкий

При застосуванні  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$  як індикаторів забруднення СПВ необхідно враховувати можливість їхньої присутності у природних водах з природних причин, як це було нами виявлено для бучацького і харківського водоносних горизонтів. Крім того, у межах нафтогазовидобувних територій можуть виникати сторонні антропогенні джерела цих компонентів. Антропогенними джерелами надходження хлоридів і натрію у поверхневі та

грунтові води можуть виступати застосування кам'яної солі на дорогах взимку, витіки побутових стічних вод з неізолюваних вигрібних ям у малоповерховій приватній забудові [188, 193].

Тому, ключовим моментом у встановленні надійних індикаторів забруднення є можливість розрізняти джерела надходження одних і тих самих забруднювальних речовин. Для підвищення надійності визначення джерел забруднення вод на ділянках нафтогазовидобувної діяльності доцільним є залучення додаткових індикаторів, наприклад, таких як ізотопний склад, особливо у водах з невисоким рівнем забруднення.

#### 5.5.4 Ізотопні методи ідентифікації забруднювальних речовин

Використання ізотопних співвідношень дозволяє здійснити масово-балансову оцінку вод, що змішуються, та визначити кількісний внесок всіх вод, що беруть участь у змішуванні. Ізотопна масово-балансова модель змішування базується на співвідношеннях [146]:

$$M_1 + M_2 = M_{mix}, \quad (5.5)$$

$$\Delta_{mix} \cdot M_{mix} = \delta_1 \cdot M_1 + \delta_2 \cdot M_2, \quad (5.6)$$

де  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_{mix}$  – кількість (об'єм) речовини або рідин, що змішуються;

$\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_{mix}$  – ізотопний склад речовин або рідин, що змішуються.

Дані рівняння були розв'язані у нашій роботі на прикладі змішування підземних вод урбанізованої території м. Харкова, де відбувається антропогенний внесок витоків із водопровідних і каналізаційних систем у живлення першого від поверхні водоносного горизонту. Розрахунки передбачали використання трьохкомпонентної моделі змішування, яка включала, окрім стабільних водних ізотопів, хлориди, як індикатор антропогенних витоків:

$$(f_1 + f_2 + f_3) \times [Cl^-, \delta^{18}O]_{дж} = f_1 \times [Cl^-, \delta^{18}O]_{пв} + f_2 \times [Cl^-, \delta^{18}O]_{вв} + f_3 \times [Cl^-, \delta^{18}O]_{св} \quad (5.7)$$

де  $\text{Cl}^-_{\text{дж}}$  і  $\delta^{18}\text{O}_{\text{дж}}$  – вміст хлоридів ( $\text{мг/дм}^3$ ) і кисню-18 (‰) у джерельній воді (суміші);

$\text{Cl}^-_{\text{пв}}$  і  $\delta^{18}\text{O}_{\text{пв}}$  – відповідно у фоновій підземній воді;

$\text{Cl}^-_{\text{вв}}$  і  $\delta^{18}\text{O}_{\text{вв}}$  – у водопровідній воді;

$\text{Cl}^-_{\text{св}}$  і  $\delta^{18}\text{O}_{\text{св}}$  – у стічних водах;

$f$  – частка компонента в суміші, частки одиниць.

Проведені нами розрахунки дозволили визначити кількісний внесок витоків водопровідних і стічних вод у джерельні води, який становив від 11 до 50 % залежно від умов живлення, як природного, так і антропогенного [190].

На ділянках експлуатації нафтогазопромислових об'єктів забруднені підземні або поверхневі води можна також розглядати як суміш незабруднених підземних вод (фонового складу) та СПВ. Тому, аналогічним чином пропонується застосовувати підхід ізотопного масово-балансового методу для встановлення кількісного внеску СПВ у склад природного водного об'єкту, що зазнає забруднення, за формулами 5.6, 5.7. Окрім стабільних водних ізотопів, доцільно використовувати вміст хлоридів і стронцію, як сполуки найбільш нетипові для зони активного водообміну досліджуваної території, і одночасно характерні для СПВ.

Серед недоліків ізотопного методу слід визнати відсутність в Україні сучасного лабораторного обладнання для вимірювання вмісту важких стабільних ізотопів (лазерна мас-спектрометрія). З іншого боку, проби води на водні ізотопи потребують невеликого об'єму (до 50 мл), не потребують фільтрації та консервації і можуть зберігатися протягом місяців без втрати репрезентативності за умов недопущення випаровування [182]. Така невибагливість до відбирання та зберігання проб дає можливість їхнього транспортування до закордонних лабораторій для проведення лабораторного аналізу в рамках міжнародного співробітництва між організаціями та установами.

## 5.6 Методи оброблення та інтерпретації результатів моніторингу

### 5.6.1 Інформаційно-аналітичний комплекс даних моніторингу

Проведення моніторингу означає отримання і накопичення значних обсягів даних, які необхідно зберігати, опрацьовувати та інтерпретувати. Для цього результати моніторингу мають складатися у базу даних, яка є ядром і основою будь якої інформаційної системи у сучасному світі. База даних (БД) – це засіб збирання, впорядкування та збереження даних у форматі належним чином структурованих таблиць (файлів). Невід’ємною частиною бази даних є система управління базами даних (СУБД) – спеціалізоване програмне забезпечення за допомогою якого відбувається визначення, створення, підтримка, обробка даних та керований доступ до інформації.

Для роботи з результатами гідрохімічного моніторингу ми розробили інформаційно-аналітичний комплекс на основі Microsoft Access, яка є однією з найпоширеніших СУБД серед персональних користувачів та невеликих підприємств. Ця СУБД, як і більшість сучасних баз даних, належить до реляційного типу, в якій дані організовані у вигляді таблиць, що зв'язані між собою.

Основними таблицями у БД, що містять інформацію щодо об'єктів і суб'єктів моніторингу, є Enterprises (Нафтогазовидобувні підприємства), Oilfields (Нафтогазові родовища), Objects (Об'єкти моніторингу), Regim (Результати польових і лабораторних вимірювань якісних показників вод), Levels (Результати вимірювань рівнів підземних вод). Таблиці ієрархічно взаємопов'язані між собою ключовими полями з напрямками зв'язку «один-до-багатьох» (рисунок 5.3).

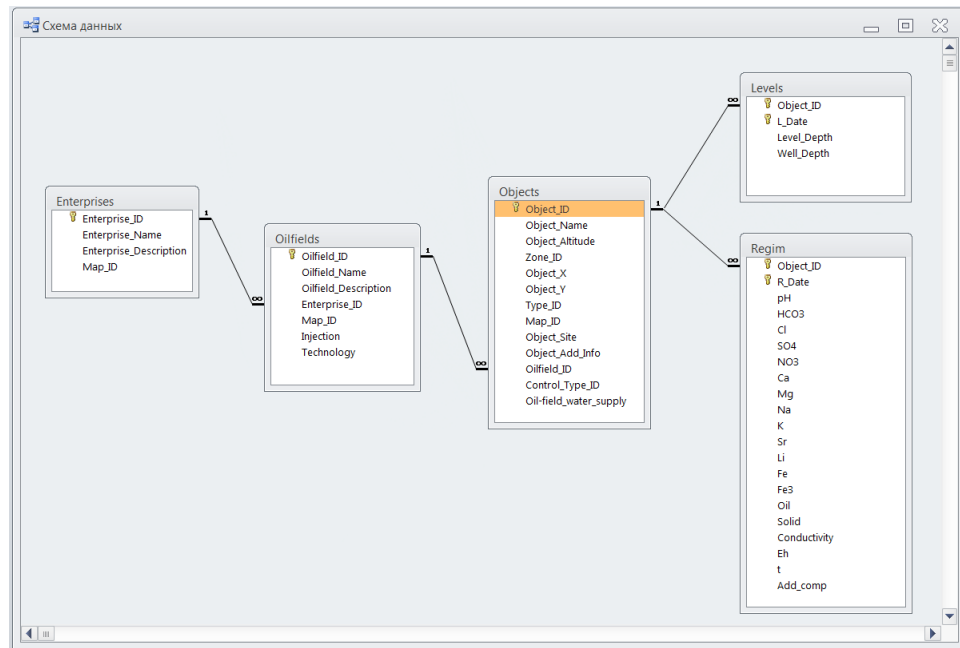


Рисунок 5.3 – Основні таблиці даних та зв'язки між ними у структурі інформаційно-аналітичного комплексу

Записи у таблицях Enterprises, Oilfields та Objects носять унікальний характер – кожний реальний об'єкт (підприємство, родовище, пункт спостережень) міститься у відповідній таблиці лише один раз. Це контролюється ключовими полями Enterprise\_ID, Oilfield\_ID та Object\_ID з функцією автоматичного недопущення дублікатів. Для впорядкування системи ідентифікації всіх об'єктів ми запропонували таку схему побудови кодів-ідентифікаторів. Кожне нафтогазовидобувне підприємство (або його підрозділ, якщо підприємство велике) отримує свій двозначний код від 01 до 99. У середині цього діапазону можливо застосовувати субдіапазони (01–09, 11–19 тощо) для підприємств або підрозділів, які об'єднуються за якоюсь спільною ознакою – юридичною або територіальною. Кожне нафтогазове родовище отримує тризначний код, дві перші цифри якого позначають підприємство або підрозділ, які ведуть свою діяльність на даному родовищі, а третя – номер родовища за порядком. Далі, код кожного пункту спостережень складається з трьох цифр коду родовища і трьох цифр власного номеру, який в свою чергу формується залежно від типу пункту. Спостережні свердловини отримують діапазон номерів від 001 до 199, свердловини

централізованого водопостачання – 201–299, колодязі у населених пунктах – 301–399, поверхневі водойми та водотоки – 401–499, каптажі джерел – 501–599. За умов наявності інших типів пунктів моніторингу або видів проб, наприклад технологічні водойми (накопичувачі, ємності), можуть бути призначені додаткові субдіпазони для цих об'єктів. Такий підхід впорядковує, уніфікує нумерацію пунктів моніторингу для різних територій та полегшує візуальне сприйняття кодів під час роботи з даними в табличному вигляді.

Поле унікального ідентифікатору для кожного пункту спостережень використовується для імпорту даних до геопросторових баз даних з подальшим відображенням на карті в геоінформаційній системі, що детальніше розкрито у наступному розділі роботи.

У таблиціх Regim і Levels, які містять результати вимірювань, унікальність записів забезпечується одночасно двома ключовими полями – Object\_ID та R\_Date (L\_Date), тобто один і той же пункт спостережень може з'являтися у таблиці більше одного разу, але тільки з різними датами.

До всіх вищеописаних таблиць додатково застосовані правила підтримання цілісності даних внутрішніми засобами MS Access – у разі видалення із таблиці Enterprises запису одного підприємства відбудеться каскадне видалення всіх записів із решти таблиць, пов'язаних з кодом цього підприємства. Те ж саме працює і для зв'язків Oilfields – Objects, Objects – Regim, Objects – Levels. У цей же час у разі спроби створити запис, наприклад, у таблиці Objects з кодом родовища або підприємства, яких немає у відповідних таблицях, СУБД не дозволить це зробити.

Окрім вищеописаних 5 основних таблиць, у БД створені допоміжні таблиці, які містять заготовлені переліки додаткових даних, що підставляються у відповідні поля при створенні нових записів у основних таблицях. До них входять: перелік регіональних водоносних горизонтів для пунктів відбору підземних вод – свердловин, колодязів, каптажів джерел; типи пунктів спостережень за поточним станом (постійні, періодичні, фонові, ліквідовані,



виведені зі складу режимної мережі); типи фільтрів для спостережних свердловин; зони проекційної системи координат UTM та інші. Окрему таблицю створено для зберігання даних по геологічним розрізам спостережних свердловин, включаючи глибини залягання шарів, геологічний вік, літологічний склад порід, глибини фільтру. Повна схема БД має відповідно більш складну структуру (рисунок 5.4).

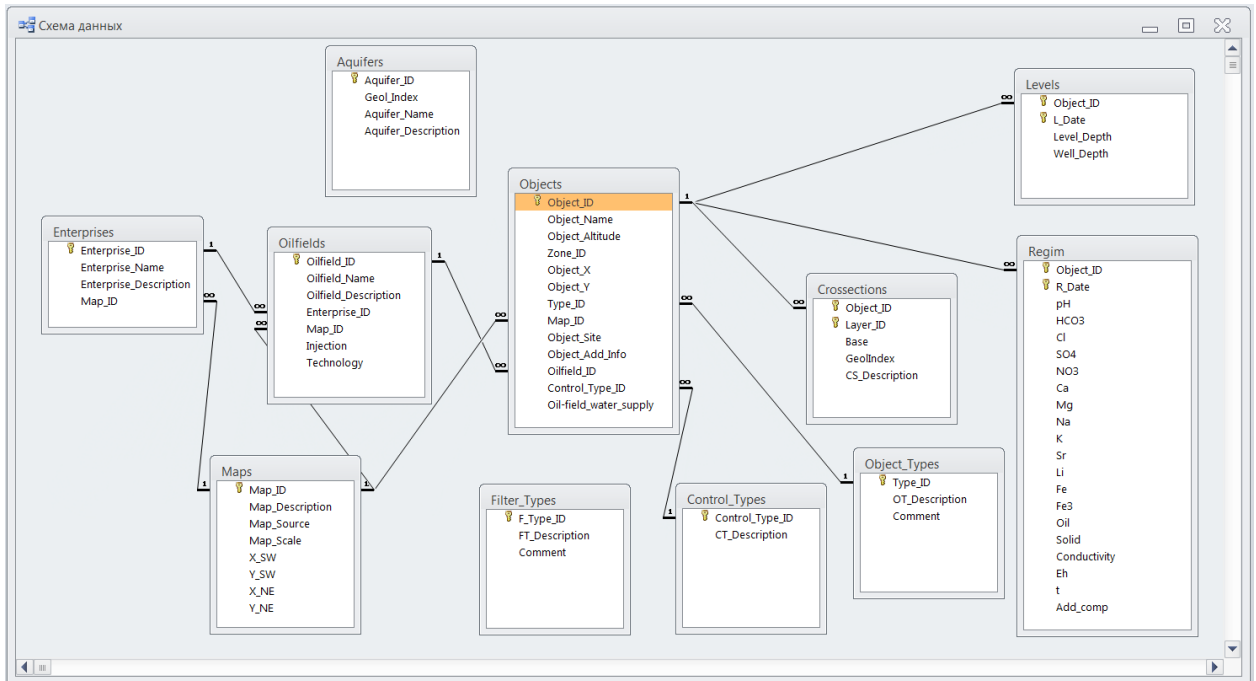


Рисунок 5.4 – Основні та допоміжні таблиці даних у структурі інформаційно-аналітичного комплексу

Для того, щоб вводити дані у представлені таблиці, переглядати та створювати вибірки за певними критеріями у складі СУБД розроблені запити і форми. Вони згруповані у два блоки – 1 Внесення і редагування даних (рисунок 5.5), 2 Перегляд та інтерпретація результатів (рисунок 5.6).

У блоці введення даних найбільш затребуваними є форми створення нових пунктів спостережень і внесення їхніх параметрів, оскільки це відбувається тільки вручну та, зазвичай у невеликих об'ємах. Шляхом спеціальних допоміжних форм та запитів 6-значний ідентифікаційний код нового пункту спостережень генерується автоматично після вибору підприємства, родовища та виду пункту із переліків, що випадають.

Обсяги результатів польових і лабораторних вимірювань, як правило, значні (десятки, іноді сотні записів за один раз), і для них форми ручного введення використовувати незручно. Тому, в СУБД були створені спеціальні запити на оновлення і додавання даних, які імпортують підготовлені дані зі стандартних табличних форматів (.xls, .xlsx, .csv).

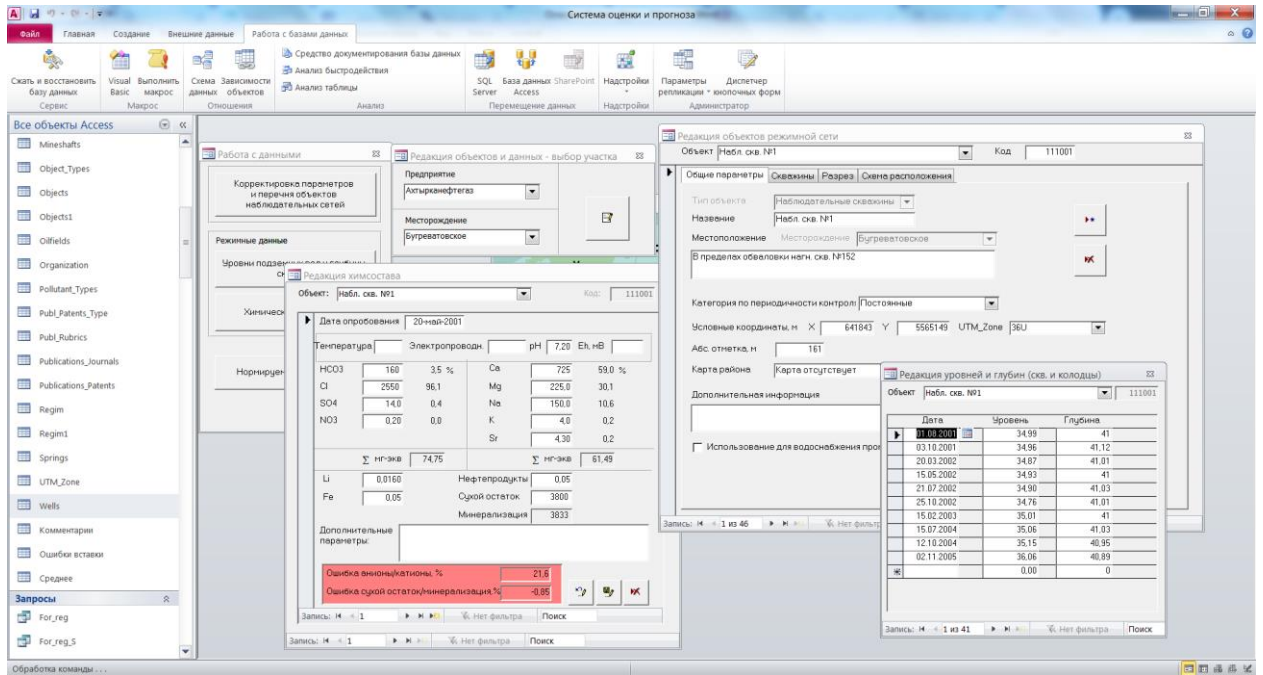


Рисунок 5.5 – Формы для ввода и редактирования данных

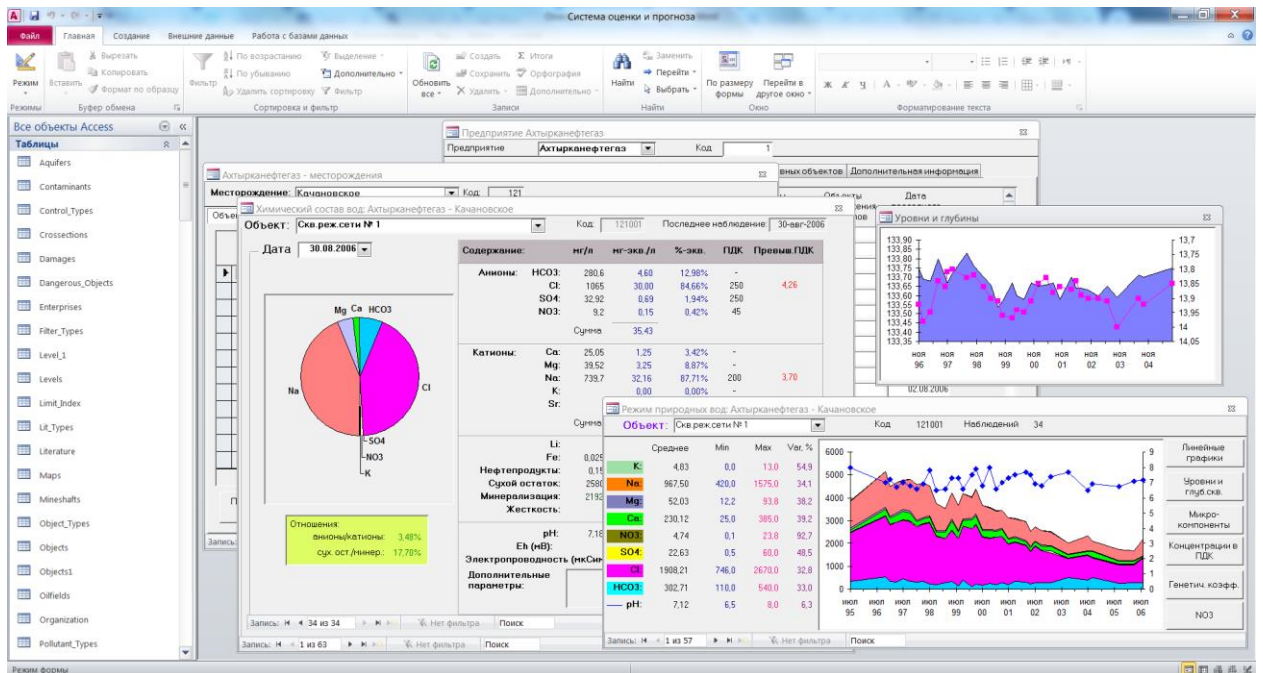


Рисунок 5.6 – Формы для перегляду та інтерпретації результатів

У формах перегляду та інтерпретації даних відбувається автоматична обробка даних хімічного складу води, а саме – обчислення мг-еквівалентних і %-еквівалентних концентрацій іонів, похибки іонного балансу, похибки сухий залишок/мінералізація, співвідношення мінералізація/питома електропровідність, розрахункових показників якості води (мінералізація, загальної жорсткості, лужності), часток ГДК (для тих показників, що нормуються). Результати обчислень виводяться у вигляді кругових діаграм та чисел із кольоровим форматуванням.

Дуже зручним інструментом для оперативної інтерпретації результатів моніторингу є використання графіків із областями та накопиченням по кожному пункту, на яких відразу виявляються зміни у складі води в часі, як пікові сплески, так і багаторічні тенденції.

Шляхом створення стандартних запитів у СУБД можна отримати будь-які вибірки даних як по пунктах моніторингу, так і по показникам якості води для подальшої обробки в інших програмних середовищах.

### 5.6.2 Структура геоінформаційної системи моніторингу

Геоінформаційна система є невід’ємною складовою в інформаційному забезпеченні моніторингу, оскільки дозволяє не лише наочно візуалізувати результати спостережень, але й отримати нову інформацію щодо закономірностей розповсюдження досліджених показників у просторі, що майже неможливо виявити у табличному вигляді.

Ядром будь-якої геоінформаційної системи є база геоданих, яка по суті є стандартною базою даних реляційного типу, але кожний запис у її таблицях відповідає просторовому об’єкту (точці, лінії, полігону), який має координати у певній координатній системі. Розглянемо будову такої бази на прикладі персональної бази геоданих ArcGIS у форматі .mdb.

Основним класом просторових об’єктів у базі є клас точок Objects, який містить всі пункти моніторингу незалежно від їхнього типу, стану й територіального розташування. Атрибутивні дані цього класу включають

поля Object\_ID (унікальний 6-значний код-ідентифікатор, який співпадає з кодом в непросторовій БД з результатами спостережень), Object\_Type (категорія пункту моніторингу – спостережна свердловина, водозабірна свердловина, колодязь, каптаж джерела, поверхневий водний об'єкт), Object\_Name (найменування об'єкту), Oilfield\_ID (код родовища, на якому розташований пункт моніторингу). Набори непросторових атрибутивних даних, наприклад, результати вимірювань показників якості вод за певний період спостережень, підключаються до цього класу об'єктів через ключове поле Object\_ID.

Другим, не менш важливим класом у базі геоданих є клас полігонів Oilfields, який містить контури родовищ нафти і газу, на яких проводиться моніторинг. Контроль геометрії цих контурів можна регулярно виконувати на основі відкритої інтерактивної карти ділянок, на які надані спецдозволи на користування надрами, доступної з 2015 року на офіційному веб-порталі ДНВП «Геоінформ України» [66].

Обов'язковим потужним елементом створеної ГІС виступають базові шари, які містять інформацію щодо природних умов території моніторингу. Їхня повнота залежить від вивченості території та формату зберігання даних, адже на території України ще й досі значна частина картографічних матеріалів загальнотематичного характеру доступна у паперовому або растровому (сканованому форматі). Це стосується, наприклад, топографічних, геологічних, геоморфологічних, ґрунтових та інших карт, складених за результатами площинних зйомок радянських часів. Якість виконаних тоді робіт та точність картографічного матеріалу часто є достатньо високими, але виникає питання їхньої векторизації, що є дуже трудомістким і витратним завданням. Проте, на сьогоднішній день вже існує чимало відкритих інтернет-ресурсів, які містять векторні дані різної тематики у вільному доступі, але різного ступеню точності, повноти та достовірності. Склад і характеристики базових та спеціалізованих шарів ГІС, необхідних для інформаційного забезпечення моніторингу наведені у таблицях 5.6 і 5.7.

Таблиця 5.6 – Базові шари ГІС для інформаційного забезпечення моніторингу

Тематичний блок	Набори геоданих	Тип даних	Джерело даних
Топографія місцевості	Рельєф	Векторні (лінії, точки)	Векторизація топографічних карт середнього і великого масштабів
		Растр (ЦМР)	SRTM, Aster GDEM
	Поверхневі водотоки та водойми	Векторні (лінії, полігони)	Векторизація топографічних карт середнього і великого масштабів / OSM
	Дороги	Векторні (лінії)	Векторизація супутникових знімків / OSM
	Населені пункти	Векторні (полігони)	Векторизація супутникових знімків / OSM / інші
	Типи земель	Векторні (полігони)	Векторизація супутникових знімків / OSM / інші
Растр		Corine Landcover 2000	
Геологічна будова	Контури залягання гірських порід за віком	Векторні (полігони)	Векторизація геологічних карт середнього і великого масштабів
Гідрогеологічні умови	Водоносні горизонти	Векторні (полігони)	Векторизація гідрогеологічних карт середнього і великого масштабів
	Захищеність підземних вод	Векторні (полігони)	
Ґрунтовий покрив	Ґрунти за генетичним типом	Векторні (полігони)	Векторизація карт ґрунтової зйомки

Таблиця 5.7 – Спеціалізовані шари ГІС для інформаційного забезпечення моніторингу

Набори геоданих	Тип даних	Джерело даних
Контури ділянок, на які надані спецдозволи на користування надрами	WMS-сервіс, тільки перегляд контурів ділянок та атрибутів	ДНВП «Геоінформ України» <a href="http://geoinf.kiev.ua/wp/interaktyvni-karty-spetsdozvoliv.htm">http://geoinf.kiev.ua/wp/interaktyvni-karty-spetsdozvoliv.htm</a>
Офіційні межі населених пунктів згідно Держгеокадастру	WMS-сервіс, тільки перегляд контурів ділянок	Публічна кадастрова карта України <a href="http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta">http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta</a>

## Кінець таблиці 5.7

Набори геоданих	Тип даних	Джерело даних
Пункти державного моніторингу вод та показники якості води	Текстовий файл .csv, який містить координати точок	Державний портал відкритих даних: <a href="https://data.gov.ua/dataset/985c2843-3204-411a-901c-c95e87057e36">https://data.gov.ua/dataset/985c2843-3204-411a-901c-c95e87057e36</a>
Оглядова геологічна карта дрібного масштабу	WMS-сервіс, тільки перегляд	ДНВП «Геоінформ України» <a href="http://geoinf.kiev.ua/wp/Interaktyvna-heolohichna-karta-Ukrayiny.htm">http://geoinf.kiev.ua/wp/Interaktyvna-heolohichna-karta-Ukrayiny.htm</a>
Контури об'єктів природно-заповідного фонду	Векторні дані .shp, .kml, .gdb, доступні для вільного скачування	Проект Відкритий кадастр ПЗФ України на Openstreetmap <a href="http://pzf.gis.kh.ua/pzf-osm/">http://pzf.gis.kh.ua/pzf-osm/</a>

Як видно з наведених вище таблиць, на сьогоднішній день в Україні дуже слабо розвинуті державні геоінформаційні ресурси з відкритим доступом, особливо з такими даними, як геологічні, гідрогеологічні, ґрунтові. Державні роботи з уточнення цих даних, тим більше з переведення їх до цифрового формату, не ведуться. У переважній більшості випадків для отримання детального і точного картографічного матеріалу на ділянки локального масштабу єдиним джерелом даних є старі скановані карти, які потребують опрацювання – прив'язки у загальнопоширеній системі координат та векторизації. Це, звичайно, призводить до додаткових витрат часу та коштів.

### **5.7 Впроваджена система моніторингу підземних і поверхневих вод на території Ігнатівського родовища**

На основі вищеописаних методологічних підходів впроваджено моніторинг підземних і поверхневих вод на низці родовищ Східного басейну. В якості прикладу реалізації розроблених положень у роботі наведено детальний опис системи моніторингу на Ігнатівському нафтогазоконденсатному родовищі Спільного підприємства «Полтавська газонафтова компанія», розташованому в Новосанжарському районі Полтавської області.

Виходячи з гідрогеологічних умов і ландшафтної будови території родовища, результатів рекогносцирувальних досліджень, аналізу фоновому стану довкілля, поточної нафтогазовидобувної інфраструктури на родовищі, розроблено спостережну мережу з 25 пунктів моніторингу, яка включила: 11 спостережних свердловин на ділянках нафтогазопромислових об'єктів, споруджених на першій від поверхні водоносний горизонт (таблиця 5.8); 5 артезіанських водозабірні свердловини водопостачання; 5 колодязів у населених пунктах; 4 водойми і водотоки.

Таблиця 5.8 – Перелік і призначення спостережних свердловин на Ігнатівському родовищі

№ св-ни	Місце розташування спостережної свердловини	Функції, які виконує свердловина в системі спостережень
1	Біля поглинальної сверд. № 1П на проммайданчику Ігнатівського родовища	Контроль за станом першого від поверхні водоносного горизонту в зоні можливого впливу поглинальної свердловини №1П та полів фільтрації
2	Біля резервної поглинальної свердл. № 102 на проммайданчику Ігнатівського родовища	Контроль за станом першого від поверхні водоносного горизонту в районі куща свердловин №№105, 106, 110 та резервної поглинальної св. №102
3	У лісосмузі біля КПП № 2 проммайданчику Ігнатівського родовища	Контроль за станом першого від поверхні водоносного горизонту поза зоною впливу видобувних свердловин та інших промислових споруд для одержання фонових показників
4	Біля факельного амбару на проммайданчику Ігнатівського родовища	Контроль за станом першого від поверхні водоносного горизонту в зоні можливого впливу факельної установки та промислового майданчика в цілому
7	На північно-східній околиці села Соколова Балка з боку проммайданчику	Контроль за станом першого від поверхні водоносного горизонту на околиці с. Соколова Балка в найближчій до виробничої бази точці
8	У лісосмузі, 100 м на північний захід від експлуат. св. № 131	Контроль за станом першого від поверхні водоносного горизонту в районі експлуатаційної св. № 131



№ св-ни	Місце розташування спостережної свердловини	Функції, які виконує свердловина в системі спостережень
10	На східній околиці села Соколова Балка	Контроль можливого впливу на води першого від поверхні водоносного горизонту від сміттєзвалища та колишніх сховищ отруйних хімічних речовин
15	Біля кута обвалування старої водойми очисних споруд виробничої бази	Контролювання процесів фільтрації у підземні води очищених стічних вод, що скидаються у водойму очисних споруд
16	Посередині обвалування старої водойми очисних споруд виробничої бази	
20	В районі майданчику скидної свердловини № 126	Спостереження за станом підземних вод на ділянці поглинальної св. № 126
23	Біля 3х. кута обвалування нової водойми очисних споруд виробничої бази	Контролювання процесів фільтрації у підземні води очищених стічних вод, що скидаються у водойму очисних споруд

Схема розташування пунктів моніторингу та результати моделювання напрямків поверхневого стоку наведені на рисунку 5.7.

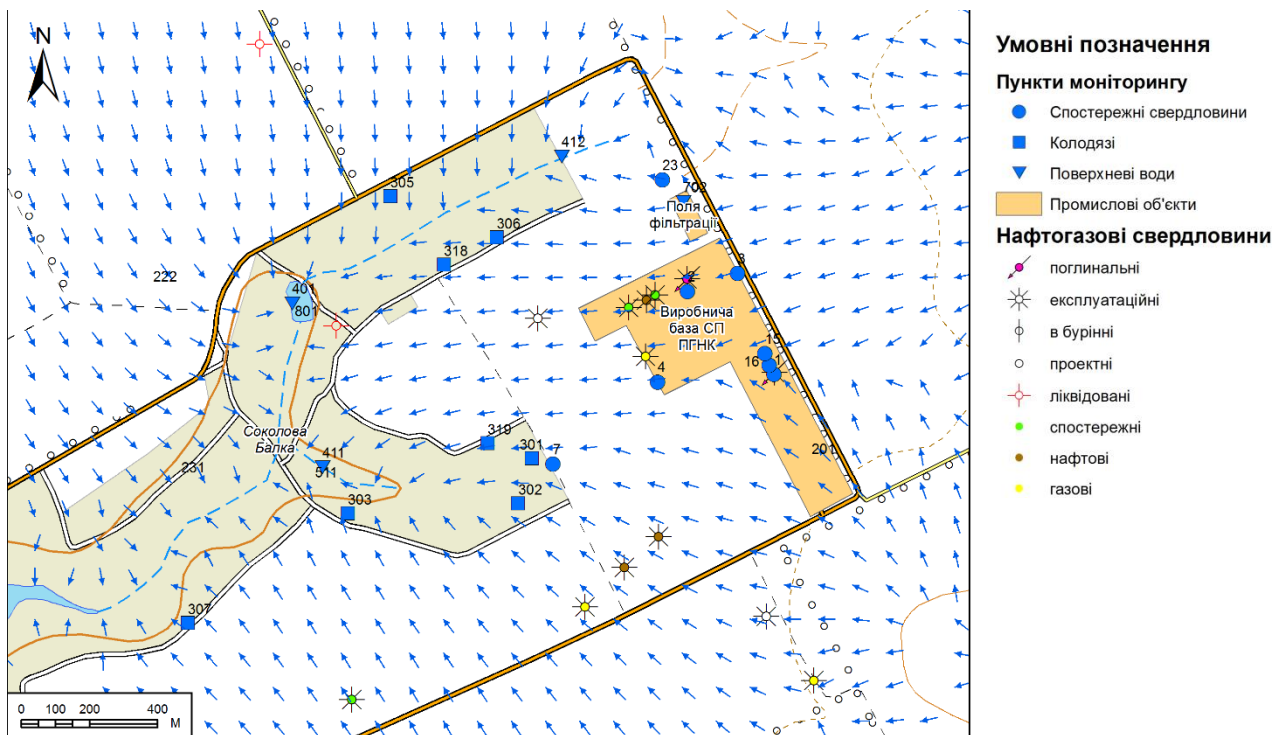


Рисунок 5.7 – Схема розташування пунктів моніторингу підземних і поверхневих вод на Ігнатівському родовищі (ділянка виробничої бази)



Польові дослідження і відбирання проб на Ігнатівському родовищі проводяться щоквартально з урахуванням сезонних змін у живленні поверхневих і ґрунтових вод. Для визначення можливого впливу на підземні і поверхневі води застосовано перелік індикаторів, обґрунтованих в роботі, результати спостережень зібрано та опрацьовано в складі інформаційно-аналітичного комплексу (акти впровадження наведені у Додатках Ж і И).

Результати моніторингу, проведеного з 2006 по 2017 рік на Ігнатівському родовищі, свідчать про наявність ознак певної трансформації складу підземних вод безпосередньо на ділянках експлуатації нафтогазовидобувних об'єктів, але за їхніми межами ознак негативного впливу на водні об'єкти за період спостережень не виявлено [45]. Підвищення вмісту компонентів, характерних для СПВ – хлоридів, натрію, стронцію, літію – не було зафіксовано в підземних і поверхневих водах на території досліджень. У цей же час, спостереженнями виявлено ділянки забруднення підземних вод зі сторонніх джерел – вигрібних ям та підсобних домогосподарств у с. Соколова Балка, тваринницьких комплексів, місць складування побутових відходів, які вирізняються підвищеним вмістом хлоридів, сульфатів, нітратів і калію.

Впроваджена система моніторингу дозволила забезпечити ефективний природоохоронний контроль технологічних процесів нафтогазовидобування на Ігнатівському родовищі та підвищити екологічну безпеку діяльності Спільного підприємства «Полтавська газонафтова компанія».

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У результаті виконання дисертаційної роботи вирішено важливі науково-практичні завдання організації та проведення моніторингу підземних і поверхневих вод на територіях діяльності нафтогазовидобувних об'єктів Східного нафтогазоносного басейну, що забезпечує істотне підвищення екологічної безпеки регіону. У процесі виконання дисертаційних досліджень було отримано такі наукові і прикладні результати:

1. Необхідність проведення моніторингу вод на території діяльності нафтогазовидобувних об'єктів в Україні закріплена на законодавчому рівні. Аналіз чинного нормативно-методичного забезпечення моніторингу вод та опрацювання наукових публікацій показали, що методичні засади проведення моніторингу, який на територіях нафтогазовидобутку відповідає локальному рівню, не розроблені.

2. Доведено, що на досліджених ділянках нафтогазовидобувної діяльності пріоритетним забруднювачем гідросфери є об'єкти видобування, транспортування, зберігання та повернення в надра супутніх пластових вод (далі – СПВ), які формують системи висхідних, латеральних та низхідних техногенних потоків екологічно небезпечних забруднювальних речовин.

3. На основі даних про якісний склад СПВ визначено, що вони становлять істотну екологічну небезпеку для питних водоносних горизонтів та екосистем поверхневих водних об'єктів унаслідок надзвичайно високих концентрацій (на рівні десятків і сотень ГДК для питних вод) таких рухомих компонентів, як хлориди, натрій, стронцій і літій.

4. За результатами багаторічних спостережень на родовищах Східної України встановлено, що найбільші ризики забруднення підземних і поверхневих вод існують на ділянках експлуатації відкритих систем підготовки продукції внаслідок агресивної руйнівної дії СПВ на протифільтраційні екрани накопичувачів технологічних рідин. На прикладах доведено, що на ділянках експлуатації таких споруд можуть виникати осередки площинного забруднення підземних вод першого від поверхні

водоносного горизонту, рівень якого сягає екстремально високих значень ( $>100$  ГДК). Наступними за величиною ризику забруднення вод технологічними об'єктами визначено споруди систем підтримання пластового тиску та повернення пластових вод у надра. На ділянках експлуатації насосних станцій, водоводів і поглинальних свердловин у місцях поривів і розгерметизації обладнання формуються точкові (локальні) осередки забруднення ґрунтових вод високого (10–100 ГДК) та помірного (2–10 ГДК) рівня.

5. Обґрунтовано перелік індикаторів негативного впливу нафтогазовидобувної діяльності на об'єкти гідросфери, які включили польові показники (вимірювання рівнів підземних вод, фізико-хімічні показники – температура, питома електропровідність, водневий показник, окисно-відновний потенціал), лабораторні показники (уміст компонентів, типових для СПВ –  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Br}^-$ , уміст стабільних ізотопів кисню й водню, уміст розчинених вуглеводнів) та розрахункові показники (мініралізація води й загальна жорсткість). Доведено, що мінімально достатнім набором показників, що забезпечують ідентифікування забруднення природних вод компонентами СПВ, є питома електропровідність, уміст  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$  та мініралізація води, які в спірних випадках можуть бути доповнені визначенням ізотопного складу ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ) забруднених вод. Статистично визначено співвідношення величини питомої електропровідності (ЕС) та мініралізації (М) вод (М/ЕС) на досліджених територіях у діапазоні 0,64–0,71, що може використовуватися для попереднього оцінювання мініралізації води на етапі польових досліджень.

6. Розроблено методологічні засади організації та здійснення локального моніторингу гідросфери на території нафтогазопромислової діяльності, що включають обґрунтування мети та завдань моніторингу, послідовність і періодичність проведення спостережень, критерії встановлення та розміщення пунктів моніторингу для різних водних об'єктів,

обґрунтування переліку обов'язкових і рекомендованих індикаторів, методи та засоби практичного здійснення режимних спостережень, методи оброблення й інтерпретації результатів спостережень. Розроблено інформаційно-аналітичний програмний комплекс для ефективного зберігання, опрацювання та аналізу результатів моніторингу вод і взаємопов'язану з ним систему геоінформаційного картографічного забезпечення процедури моніторингу на всіх її етапах.

7. Розроблено й практично застосовано алгоритм застосування геоінформаційних технологій для вирішення геопросторових завдань на етапі підготовки схеми моніторингу, а саме – визначення місць розташування пунктів спостережень і оконтурювання їх водозбірних площ на основі цифрової моделі рельєфу. Показано, що на площах гірничих відводів цифрова модель рельєфу може успішно використовуватися для вирішення зазначених вище завдань як для поверхневого стоку, так і для підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту в поточних гідрогеологічних умовах території досліджень.

8. Система локального моніторингу підземних і поверхневих вод на території діяльності нафтогазовидобувних підприємств, яка ґрунтується на розроблених у роботі науково-методичних засадах забезпечує підвищення ефективності контролю якості гідросфери та є основою для прийняття об'єктивних управлінських рішень.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО**

1. Нафтогазовидобувним підприємствам пропонується застосовувати наведені методологічні засади організації та здійснення моніторингу підземних і поверхневих вод на території надрокористування.

2. Фахівцям під час проведення оцінки впливу нафтогазовидобувних об'єктів на довкілля для достовірного визначення впливу на підземні та поверхневі води пропонується використовувати розроблений перелік індикаторів впливу та забруднення.

3. Державній службі геології та надр України, відомчим службам Міністерства екології та природних ресурсів України пропонується використовувати наведені науково-методичні засади моніторингу підземних і поверхневих вод під час створення галузевого стандарту з екологічного моніторингу нафтогазовидобувних територій у частині організації спостережень за станом підземних і поверхневих вод.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко О. М., Рудько Г. І. Екологічна геологія. Київ: Манускрипт, 1998. 349 с.
2. Атлас родовищ нафти і газу України: у 6-ти томах / гол. ред. М. М. Іванюта. Львів: Центр Європи, 1998. Т. 1–3.
3. Бандуріна О. В. Аналіз умісту мікроелементів у пластових водах Краснокутського родовища. *Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка: Сер. Галузеве машинобудування, будівництво*. 2014. №1. С. 343–348.
4. Бандуріна О. В., Єрмакова І. А., Захарченко Л. С. Перспектива видобутку йоду з пластових вод нафтогазових родовищ Полтавського нафтопромислового району. *Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка: Сер. Галузеве машинобудування, будівництво*. 2014. №3 (42). С. 106–111.
5. Варламов Е. Н., Квасов В. А., Скакальський А. Н. Критерии необходимости проведения мониторинга состояния окружающей природной среды на предприятиях. *Экология и промышленность*. 2014. № 4. С. 105–109.
6. Васильев А. Н., Журавель Н. Е., Клочко П. В. Организация гидрохимического мониторинга в условиях нефтегазоносного северо-востока Украины. Харьков: Экограф, 2001. 112 с.
7. Васильев А. Н., Журавель Н. Е., Клочко П. В. Прогноз техногенного засоления почв на нефтепромыслах северо-востока Украины в рамках ОВОС. Харьков: Экограф, 1999. 86 с.
8. Василюк О. В., Ширяева Д. В., Біатов А. П. Можливості використання первинного картографічного матеріалу щодо об'єктів ПЗФ. ГІС і заповідні території: матеріали науково-методичного семінару (НПП Слобожанський, 30 травня – 01 червня 2015 р.). Харків, 2016. С. 38–41.
9. Ветштейн В. Е. Изотопы кислорода и водорода природных вод СССР. Ленинград: Недра, 1982. 216 с.
10. Виставна Ю. Ю., Вергелес Ю. І., Яковлев В. В., Дядін Д. В., Чистикова А. В., Жидких І. О. Дослідження нітратного забруднення

гідросфери у трансграничному районі басейну Сіверського Донця. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2014. Вып. 6/10 (72). С. 20–27.

11. Виставна Ю. Ю., Жидких І. О. Ізотопний склад водних систем Харківського регіону. *Науковий вісник будівництва*. 2015. №1. С. 180–182.

12. Виявлення територій, придатних для оголошення об'єктами природно-заповідного фонду. Інструктивні та методичні матеріали / О. Василюк, К. Норенко, К. Полянська, С. Шутяк, Д. Ширяєва; за заг. ред. О. Кравченко. Львів: Видавництво «Компанія «Манускрипт»», 2018. 136 с.

13. Водний Кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР. Дата оновлення: 18.12.2017. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 21.08.2018)

14. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Водообмен в естественных условиях / Отв. ред. В. М. Шестопалов. Киев: Наукова думка, 1989. 288 с.

15. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Водообмен в нарушенных условиях / Отв. ред. В. М. Шестопалов. Киев: Наукова думка, 1991. 528 с.

16. Гаврилюк О. В. Формирование гидрогеохимических аномалий брома в подземных водах юго-восточной части Днепроовско-Донецкой впадины. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія»*. 2014. Вип. 40, № 1098. С. 35–37.

17. Геологическая карта СССР масштаба 1: 200 000. Серия Днепроовско-Донецкая. Листы М-36 X, М-36 XI, М-36 XV, М-36 XVII, М-36 XVIII, М-36 XXII, М-36 XXIII, М-36 XXIV, М-36 XXIX, М-36 XXX. Москва: Недра, 1971. URL: <http://geoinf.kiev.ua/wp/kartograma.htm> (дата звернення 11.05.2019)

18. Геология и нефтегазоносность Днепроовско-Донецкой впадины. Стратиграфия / Айзенверг Д. Е., Берченко О. И., Бражникова Н. Е. и др. Киев: Наук. думка, 1988. 148 с.

19. Гольдберг В. М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды: монография. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. 248 с.

20. ГОСТ 17.1.3.12-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие правила охраны вод от загрязнения при бурении и добыче нефти и газа на суше. [Втратив чинність з 01.01.2018]. Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1987. 5 с.

21. Демьохін Г. А. Моніторинг вод у системі їх охорони від забруднення (в умовах техногенного впливу підприємств нафтопереробної промисловості): автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.11 / Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. Харків, 2001. 15 с.

22. Депутат Б. Ю. Підвищення екологічної безпеки нафтових родовищ на кінцевій стадії розробки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Івано-Франківськ, 2007. 22 с.

23. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Аркуш М-37-ХVIII (Богодухів). Київ: Мінохоронприроди України, Казенне підприємство «Південукргеологія», 2008. 123 с.

24. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Аркуші М-37-ХIII (Белгород), М-37-ХIX (Харків). Київ: Мінохоронприроди України, Казенне підприємство «Південукргеологія», 2007. 171 с.

25. Державні санітарні правила і норми України 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: затв. наказом М-ва здоров'я України від 12.05.2010 р. № 400. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (дата звернення: 15.08.2018)

26. Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів: затв. наказом М-ва здоров'я України від 19.06.1996 р. № 173. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96> (дата звернення: 03.02.2019)

27. Державний кадастр територій та об'єктів природно-заповідного фонду України: оф. веб-сайт М-ва екології та природних ресурсів України. URL: <http://pzf.menr.gov.ua/> (дата звернення: 03.02.2018)

28. Дмитренко Т. В. Повышение экологической безопасности использования родниковых вод на примере Харьковского региона: дисс. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / УкрНИИЭП. Харьков, 2005. 157 с.



29. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області у 2016 році. Полтава: Департамент екології та охорони природних ресурсів Полтавської обласної державної адміністрації. 2017. 169 с.

30. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2016 році. Суми: Департамент екології та охорони природних ресурсів Сумської обласної державної адміністрації. 2017. 234 с.

31. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2016 році. Харків: Департамент екології та охорони природних ресурсів Харківської обласної державної адміністрації. 2017. 212 с.

32. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області у 2016 році. Чернігів: Департамент екології та охорони природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації. 2017. 277 с.

33. Дригулич П. Г. Еколого-геологічний моніторинг забруднення довкілля об'єктами нафтогазового комплексу: автореф. дис. ... канд. геол. наук: 21.06.01 / Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Івано-Франківськ, 2008. 21 с.

34. ДСТУ 3041-95. Гідросфера. Використання й охорона води. Терміни та визначення. [Чинний від 01.07.1996]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1995. 26 с.

35. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. [Чинний від 2012-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 40 с.

36. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. [Чинний від 2015-02-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 30 с.

37. ДСТУ ГОСТ 27384:2005. Вода. Норми похибки вимірювань показників складу і властивостей. [Чинний від 2006-04-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 8 с.

38. ДСТУ ISO 5667-3:2001. Якість води. Відбирання проб. Частина 3 (ISO 5667-3:1994 IDT). Настанови щодо зберігання та поводження з пробами. [Чинний від 2003-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2001. 38 с.

39. ДСТУ ISO 5667-11:2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 11 (ISO 5667-11:1993 IDT). Настанови щодо відбирання проб підземних вод. [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 15 с.

40. ДСТУ ISO 5667-14:2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 14 (ISO 5667-14:1998 IDT). Настанови щодо забезпечення якості відбирання та оброблення проб природних вод. [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 22 с.

41. ДСТУ ISO 5667-18:2007. Якість води. Відбирання проб. Частина 18 (ISO 5667-18:2001 IDT). Настанови щодо відбирання проб підземних вод із забруднених місць. [Чинний від 2009-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 26 с.

42. ДСТУ ISO 5667-4:2003. Якість води. Відбирання проб. Частина 4 (ISO 5667-4:1987 IDT). Настанови щодо відбирання проб із природних та штучних озер. [Чинний від 2004-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 11 с.

43. ДСТУ ISO 5667-6:2009. Якість води. Відбирання проб. Частина 6 (ISO 5667-6:2005 IDT). Настанови щодо відбору проб води з річок та струмків. [Чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 24 с.

44. ДСТУ ISO 6107-2:2004. Якість води. Словник термінів. Частина 2. (ISO 6107-2:1997, IDT). [Чинний від 2005-04-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 24 с.

45. Дядин Д. В., Клочко П. В., Голик Ю. С., Яременко В. В. Организация мониторинга подземных вод на территории деятельности СП «Полтавская газонефтяная компания» (Полтавская область, Украина). *Современные научные исследования: инновации и опыт: материалы XVII-XVIII междунар. научн.-практ. конф.*, (г. Екатеринбург, Россия, 04–05 декабря 2015 г.). Екатеринбург, 2015. С. 11–17.

46. Дядін Д. В. Геоінформаційне забезпечення моніторингу довкілля на об'єктах нафтогазовидобувного комплексу. ГІС-Форум 2016: матеріали форуму (ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 16–18 березня 2016 р.). Харків, 2016. URL: <http://gis-forum.org.ua/archive/gisforum2016/> (дата звернення: 25.08.2018)

47. Дядін Д. В. Гідрохімічні показники моніторингу підземних і поверхневих вод на об'єктах нафтогазовидобувної інфраструктури. *Екогеофорум-2017. Актуальні проблеми та інновації: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.* (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, 22–25 березня 2017 р.). Івано-Франківськ, 2017. С. 66–67.

48. Дядін Д. В. Гідрохімічні показники осередків забруднення підземних вод на родовищах Східного нафтогазоносного басейну. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. № 1(15). С. 37–47.

49. Дядін Д. В., Дмитренко Т. В., Яковлев В. В., Вергелес Ю. І. Оцінка стану природних джерел у басейні р. Роганка Харківської області як джерел альтернативного децентралізованого водопостачання. *Екологічна безпека*. 2018. Вип. 2/2018 (26). С. 39–48.

50. Дядін Д. В., Журавель М. Ю., Клочко П. В. Оцінка стану довкілля на ділянках аварійних свердловин. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2018. № 1 (17). С. 4–13.

51. Дядін Д. В., Журавель М. Ю., Клочко П. В., Борщ М. С., Яременко В. В. Оцінка впливу на підземні води на ділянці проведення гідророзриву пласта. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. № 2 (16). С. 10–19.

52. Дядін Д. В., Журавель М. Ю., Ключко Т. О., Яременко В. В. Аналіз чинного нормативно-правового забезпечення екологічного моніторингу на територіях діяльності нафтогазовидобувних підприємств України. *Екологія та промисловість*. 2017. № 3–4 (52–53). С. 127–134.

53. Дядін Д. В., Ключко Т. О., Яременко В. В. Екологічний моніторинг компонентів довкілля під час розробки нафтогазового родовища. *Матеріали X міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки»*. (м. Полтава, Полтавський нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка, 6–8 грудня 2017 року). Полтава, 2017. С. 36–37.

54. Екологічна безпека нафтогазового комплексу у Західному регіоні України: колект. монографія / за ред. Я. О. Адаменка. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. 384 с.

55. Екологічний паспорт Харківської області за 2017 рік. Харків: Харківська обласна державна адміністрація. 2018. 156 с.

56. Енергетична галузь України: підсумки 2015 року. Київ: Центр Разумкова, вид-во Заповіт, 2016. 71 с.

57. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: затв. розпорядж. Каб. Міністрів України 18.08.2017 р. № 605-р. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf> (дата звернення 18.08.2018)

58. Євстігнєєв А. Особливості правового забезпечення екологічної безпеки при здійсненні спеціального використання надр в Україні. *Вісник КНУ. Юридичні науки*. 2014. № 1(99). С. 53–55.

59. Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод: затв. наказом Мін-ва екології та природних ресурсів України від 24.12.2001 р. № 485. Втратило чинність з 21.05.2017. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/v0485556-01> (дата звернення: 22.08.2018)

60. Журавель Н. Е., Васильев А. Н., Ключко П. В., Лилак Н. Н. Критическая экосистема кратера аварийной скважины Качановского нефтяного месторождения. Харьков: Прапор, 1997. 68 с.

61. Журавель Н. Е., Ключко П. В., Дядин Д. В. Современное экологическое состояние подземных и поверхностных вод в районе Качановского нефтепромыслового узла. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2007. № 4. С. 66–73.

62. Журавель Н. Е., Ключко П. В., Самонова Л. С. Проблемы охраны подземных вод в районе нефтегазовых месторождений на конечной стадии разработки (на примере Качановского месторождения). *Экологические аспекты загрязнения окружающей среды*. Часть 2. Киев, 1996. С. 91–92.

63. Заповідні скарби Сумщини: офіц. веб-сайт Департаменту екології та охорони природних ресурсів Сумської обласної державної адміністрації. URL: <http://www.pek.sm.gov.ua/index.php/uk/2013-04-18-21-50-35> (дата звернення: 16.08.2018)

64. Зеркалов Д. В. Екологічна безпека та охорона довкілля: монографія. Київ: Основа. 2012. 514 с.

65. Зеркалов Д. В., Ткачук К. Н., Ткачук К. К. Інженерна екологія: проблеми, моніторинг, управління: монографія. Київ: Основа, 2011. 582 с.

66. Інтерактивна карта ділянок надр, на які надані спецдозволи на користування надрами. Державне науково-виробниче підприємство «Геоінформ України». URL: <http://geoinf.kiev.ua/wp/interaktyvni-karty-spetsdozvoliv.htm> (дата звернення: 16.08.2018).

67. Кесельман Г. С., Махмудбеков Э. А. Защита окружающей среды при добыче, транспорте и хранении нефти и газа. Москва: Недра, 1981. 256 с.

68. Визначення забруднення вод в районі бурової площадки: КНД 41-00032626-00-335-2000. [Чинний від 2000-01-01]. Київ : Держкомгеології України, 2000. 36 с.

69. Кодекс України про надра від 27.07.1994 р. № 132/94-ВР. Дата оновлення: 04.04.2018. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80> (дата звернення 21.08.2018)

70. Колодій В. В., Спринський М. І. Літій, рубідій, цезій і стронцій в підземних водах Карпатської нафтогазоносною провінції як ознака нафтогазоносності. *Геологія і геохімія горюч. копалин*. 1999. № 4. С. 3–14.

71. Крайнов С. Р., Швець В. М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. Москва: Недра, 1987. 237 с.

72. Крайнюков О. М. Особливості розповсюдження вуглеводневого забруднення та оцінка його впливу на геоекологічний стан басейну р. Сіверський Донець у межах Харківської області: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.11 / Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. Харків, 2007. 15 с.

73. Кухар М. В., Крюченко Н. О. Гідрогеохімічні критерії міграції підземних вод Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2013. №1. С. 30–33.

74. Маєвський Б. Й., Дригулич П. Г., Пукіш Т. М., Хомин, Пукіш А. В. Дослідження техногенного забруднення геологічного середовища в районі Гнідинцівського ГПЗ. *Наук. вісн. Івано-Франків. нац. техн. ун-ту нафти і газу*. 2009. № 3. С. 144–152.

75. Макаренко Н. А. Проблеми формування законодавства з питань екологічної безпеки при видобуванні нафти і газу в Україні. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Сер.: Юриспруденція*. 2013. № 6-1, том 2. С. 131–134.

76. Малі річки України: довідник / за ред. А. В. Яцика. Київ: Урожай, 1991. 296 с.

77. Мінеральні ресурси України: щорічник. ДНВП «Геоінформ України». Київ, 2017. 268 с.

78. Мироненко В. А., Мольский Е. В., Румынин В. Г. Изучение загрязнения подземных вод в горнодобывающих районах. Ленинград: Недра, 1988. 279 с.

79. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д. С. 2017. 308 с.

80. Об'єкти природно-заповідного фонду Чернігівської області: офіц. веб-сайт Департаменту агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації. URL: <http://apk.cg.gov.ua/index.php?id=24556&tp=1&pg=> (дата звернення: 16.08.2018)

81. Основні принципи організації системи екологічного моніторингу довкілля у межах території нафтогазових промислів Богородчанського району / Адаменко Я. О. та ін. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2010. №1 (1). С. 5–11.

82. Павлюк М., Лазарук Я., Карабин В. Геохімічні аспекти екологічної безпеки буріння нафтогазових свердловин на Південнобориславській площі Передкарпаття. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2016. № 1–2. С. 168–169.

83. Перельман А. И. Геохимия природных вод. Москва: Наука, 1982. 154 с.

84. Петрицька У. І. Геохімія мікроелементів у підземних водах нафтових родовищ Бориславського району. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 1999. № 4. С. 157–165.

85. Подчерніна Т. Ю., Дядін Д. В. Використання ГІС для оцінки впливу господарської діяльності на об'єкти природно-заповідного фонду. *Матеріали VI науково-методичного семінару «ГІС і заповідні території»*. (м. Краснокутськ, НПП Слобожанський, 29 червня – 02 липня 2018 р.). Харків, 2018.

86. Положення про державну систему моніторингу довкілля від 30.03.1998 р. № 391. Дата оновлення: 01.01.2019. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF> (дата звернення 08.01.2019)

87. Полякова Е. В. Стронций в источниках водоснабжения Архангельской области и его влияние на организм человека. *Экология человека*. 2012. Вып. 02. С. 9–14.

88. Порядок здійснення державного моніторингу вод: затв. Постановою Каб. Міністрів України від 19.09.2018 р. № 758. [Чинний від 01.01.2019].

URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF> (дата звернення: 08.01.2019)

89. Правила розробки нафтових і газових родовищ: затв. наказом Мін-ва екології та природних ресурсів України від 15.03.2017 р. № 118. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0692-17#n13> (дата звернення: 21.08.2018)

90. Прибилова В. М. Оцінка якісного складу питних підземних вод водоносного горизонту бучацько-канівських відкладів на території Харківської області. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія»*. 2014. Вип. 40, № 1098. С. 42–45.

91. Природа Украинской ССР. Моря и внутренние воды / Грезе В. Н., Поликарпов Г. Г., Романенко В. Д. и др. Киев: Наук. думка, 1987. 224 с.

92. Природно-заповідний фонд Сумської області: Атлас-довідник. Київ: ТОВ «Українська картографічна група». 2016. 94 с.

93. Природно-заповідний фонд Чернігівської області: довідникове видання. 2016. 208 с.

94. Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики: Директива 2000/60/ЄС Європейського парламенту і Ради від 23 жовтня 2000 р. URL: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_962) (дата звернення: 26.08.2018)

95. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення: Закон України від 24.02.1994 р. № 4004-XII. Дата оновлення: 28.12.2015. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/4004-12> (дата звернення: 21.08.2018)

96. Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року: Закон України від 21.04.2011 р. № 3268-VI. Дата оновлення: 10.06.2012. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/3268-17> (дата звернення: 25.08.2018)

97. Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку: постанова Каб. Міністрів України від 28.08.2013 р. № 808. URL:



<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/808-2013-%D0%BF> (дата звернення: 15.08.2018)

98. Про нафту і газ: Закон України від 12.07.2001 р. № 2665-III. Дата оновлення: 04.04.2018. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2665-14> (дата звернення 21.08.2018)

99. Про основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки: Постанова Каб. Міністрів України від 05.03.1998 р. № 188/98-ВР. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/188/98-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 15.08.2018)

100. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII. Дата оновлення: 04.06.2017. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 21.08.2018)

101. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 р. № 2059-VIII. Дата оновлення: 18.12.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення 15.05.2019)

102. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення: Закон України від 10.01.2002 р. № 2918-III. Дата оновлення: 04.06.2017. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2918-14> (дата звернення: 21.08.2018)

103. Рекомендации по проведению гидрохимического опробования и физико-химических исследований для оценки загрязнения подземных вод / ПНИИИС. Москва: Стройиздат, 1986. 32 с.

104. Рудько Г. І., Адаменко О. М. Екологічний моніторинг геологічного середовища. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка. 2001. 245 с.

105. Рудько Г. І., Григіль В. Г., Сімаченко Г. В. Екологічна безпека родовищ вуглеводнів нетрадиційного типу в Україні. Київ–Чернівці: Букрек, 2017. 368 с.

106. Рудько Г. І., Панібрацька О. В. Розробка концепції моніторингу об'єктів надрокористування в Україні. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2012. №2 (6). С. 60–63.

107. Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення від 04.07.1988 р. № 4630-88. Дата оновлення: 21.10.1991. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/v4630400-88> (дата звернення 21.08.2018)

108. Семчук Я. М. Депутат Б. Ю., Лопушанський А. Я. Захист ґрунтових вод від сольового забруднення при експлуатації нафтогазоконденсатних родовищ. *Екотехнологии и ресурсосбережение*. 2006. №3. С. 47–51.

109. Сенько О. С., Дядін Д. В. Просторові обмеження нафтогазовидобувної діяльності в складі оцінки впливу на довкілля. *Матеріали XII Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Сталий розвиток міст»*. (Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 24 квітня 2019 р.). Харків, 2019. Ч. 2. С. 200–202.

110. Сіверський Донець: Водний та екологічний атлас / під ред. А. В. Гриценко, О. Г. Васенко. Харків: ВД «Райдер», 2006. 188 с.

111. Скрипник В. С. Система екологічного моніторингу та заходи стабілізації стану довкілля Надвірнянського нафтогазопромислового району. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2010. №1 (1). С. 16–26.

112. Солнцева Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. Москва: Изд-во МГУ. 1998. 376 с.

113. СОУ 09.1–30019775–235:2014. Гідравлічний розрив пласта. Технологія проведення. Київ: ПАТ «Укргазвидобування», 2014. 68 с.

114. СОУ 11.1–30019775–004:2004. Методика визначення привнесених компонентів в супутньо-пластові води та вимоги до їх вмісту при поверненні супутньо-пластових вод в надра. Київ: ДК «Укргазвидобування», 2004. 27 с.

115. СОУ 60.3–30019801–009:2004. Підземні сховища газу. Регламент повернення супутніх пластових вод у надра. [Чинний від 2004-12-30]. Київ: ДК «Укртрансгаз». 2004. 26 с.

116. СОУ 73.1–41–11.00.01:2005. Природоохоронні заходи під час споруджування свердловин на нафту і газ. [Чинний від 2006-03-01]. Київ: Державна геологічна служба України. 2005. 109 с.
117. СОУ 90.0–30019775–041:2005. Захоронення стічних вод у надра з використанням нафтогазових свердловин. [Чинний від 2005-01-27]. Київ: ДК «Укргазвидобування» НАК «Нафтогаз України». 2005. 39 с.
118. Справочник по водным ресурсам УССР / под ред. Б. И. Стрельца. Киев: Урожай, 1988. 321 с.
119. Суярко В. Г., Гаврилюк О. В. Про джерела надходження та міграцію бромиду в підземних водах (на прикладі Дніпровсько–Донецького авлакогену). *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія»*. 2014. № 1128, вип. 41. С. 70–75.
120. Суярко В. Г., Сердюкова О. О. Особливості забруднення підземних вод у зонах впливу нафтогазопромислів. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія»*. 2010. № 909, вип. 32. С. 222–225.
121. Рева М. Супутньо-пластові води в Східному нафтогазовому регіоні України як джерело небезпеки або цінний ресурс. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка: Геологія*. 2016. №1. С. 81–85.
122. Рудько Г. І., Савлущинський О. М. Екологічна безпека навколишнього середовища на різних стадіях освоєння родовищ сланцевого газу. *Екологічні науки*. 2017. №10–11. С. 253–267.
123. Семчук Я. М., Сабан В. З. Контроль за станом і охороною поверхневих та підземних вод у процесі спорудження та експлуатації свердловин. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2009. № 1(19).
124. Сіверський Донець: Водний та екологічний атлас / під. ред. А. В. Гриценко, О. Г. Васенко. Харків: ВД «Райдер», 2006. 188 с.

125. Спосіб визначення впливу високомінералізованих пластових вод на природні води: пат. 122650 Україна: МПК G01N 33/18 (2006.01). № 2017 05621; заявл. 06.06.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2. 6 с.

126. Терещенко В. А. Генезис и формирование рассолов Днепровско-Донецкого артезианского бассейна. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія»*. 1998. № 402. С. 51–54.

127. Терещенко В. А. Подземные воды из наиболее глубоких вскрытых горизонтов Днепровско-Донецкой впадины. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія»*. 2014. Вип. 40, № 1098. С. 55–60.

128. Терещенко В. А., Кривошея В. А. Генезис подземных вод Днепровско-Донецкого артезианского бассейна по данным исследования изотопного состава молекул воды. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія»*. 2008. № 804. С. 74–79.

129. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони від 27.06.2014 р. № 984\_011. URL: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/984_011) (дата звернення: 16.08.2018).

130. Федоров Ю. А. Стабильные изотопы и эволюция гидросферы. Москва: Истина, 1999. 366 с.

131. Чомко Д., Рева М., Диняк О. Супутньо-пластова вода нафтових родовищ як гідромінеральна сировина. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка: Геологія*. 2016. №4. С. 77–81.

132. Чомко Д. Ф., Рева М. В., Чомко Ф. В. Еколого-економічні аспекти використання супутньо-пластових вод нафтових родовищ східного регіону України. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія»*. 2017. Вип. 47. С. 211–217.

133. Шевчук В. Я. Моніторинг довкілля – засіб від екологічної сліпоти / Матеріали засідання президії Українського товариства охорони природи та Академії ноосфери (м. Київ). Київ, 2013. URL: [http://www.ukrpryroda.org/2013/03/blog-post\\_6890.html](http://www.ukrpryroda.org/2013/03/blog-post_6890.html) (дата звернення: 15.08.2018)
134. Шестаков В. М. Динамика подземных вод. Москва: Изд-во Московского ун-та, 1979. 367с.
135. Шестопалов В. М. Естественные ресурсы подземных вод платформенных артезианских бассейнов Украины. Киев: Наук. думка, 1981. 196 с.
136. Экологический мониторинг: шаг за шагом: монография. Е. В. Веницианов Е. В.; под ред. Заика Е. А.. Москва: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2003. 252 с.
137. Экологическое обеспечение технологических процессов захоронения попутных пластовых вод на территории Качановского нефтепромыслового района. Звіт з НДР. 2003. 33 с.
138. Экологическое сопровождение разработки нефтегазовых месторождений: аналит. обзор в 4 вып. / ред. Гендрин А. Г. Новосибирск: Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, ТомскНИПИнефть ВНК. 2006.
139. Яковлев В. В. Перспективні джерела природних вод для питного водопостачання України, їх охорона і раціональне використання: дис. ... д-ра геол. наук: 21.06.01 / Харк. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна, 2017. 351 с.
140. Яременко В. В., Дядін Д. В. Гідрохімічний моніторинг природних вод на території діяльності СП «Полтавська газонафтова компанія». *Матеріали науково-практичної конференції «Безпека середовища життєдіяльності людини: екологічні, медичні та економічні аспекти».* (м. Ялта, 26–30 вересня 2011 р.). Ялта, 2011. С. 20–21.
141. Яцишин Т. М. Аналіз рівня екологічної безпеки свердловин, що виведені з експлуатації. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* Івано-Франківськ: Факел, 2017. №4. С. 26–33.

142. A Guide to practical management of produced water from onshore oil and gas operations in the United States. U. S. Department of Energy, National Petroleum Technology Office. 2006. 316 p.

143. Al-Haleem A., Abdulah H., Abdul-Jalil Saeed E. Components and Treatments of Oilfield Produced Water. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*. 2010. Vol. 6, No. 1. P. 24–30.

144. Atekwana E., Seeger E. Carbonate and carbon isotopic evolution of groundwater contaminated by produced water brine with hydrocarbons. *Applied Geochemistry*. 2015. Vol. 63. P. 105–115.

145. Balise V., Meng C., Cornelius-Green J., Kassotis C., Kennedy R., Nagel S. Systematic review of the association between oil and natural gas extraction processes and human reproduction. *Fertility and Sterility*. 2016. 106(4). P. 795–819.

146. Barth J., Veizer J. Water mixing in a St. Lawrence river embayment to outline potential sources of pollution. *Applied Geochemistry*. Volume 19, Issue 10, October 2004, P. 1637–1641.

147. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. (Last amended 06.10.2015). Official Journal of the European Union. L 330. P. 32–54. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/1998/83/oj> (дата звернення: 25.08.2018)

148. Craig H. Isotopic Variation in Meteoric Waters. *Science* (New York, N.Y.). 133. 1702-3. DOI: 10.1126/science.133.3465.1702.

149. Diadin D. Implementation of water monitoring on oil and gas production areas in Ukraine. *Materials of Science-policy seminar “Instruments of EU environmental policy for Ukraine”*. (Kharkiv, V. N. Karazin Kharkiv National University, 20 April 2018). Kharkiv, Ukraine. P. 12–14.

150. Diadin D., Celle-Jeanton H., Steinmann M., Loup C., Crini N., Vystavna Y., Vergeles Y., Huneau F. Distribution of persistent organic pollutants and trace metals in surface waters in the Seversky Donets River basin (Eastern Ukraine). *European Geosciences Union General Assembly 2017: proceedings*

(Vienna, 23–28 April 2017). Vienna, Austria, 2017. URL: <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2017/EGU2017-14670-1.pdf>.

151. Diadin D., Vystavna Y. Temporal and spatial variations in stable isotopes ( $^{18}\text{O}$  and  $^2\text{H}$ ) and major ion concentration within the Seversky Donets water catchment, East Ukraine. *International Symposium on Isotope Hydrology: Revisiting Foundations and Exploring Frontiers*: proceedings of the symposium (IAEA, 11–15 May 2015). Vienna, Austria, 2015. P. 147–150.

152. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. (Last amended 31.10.2014). Official Journal of the European Union. 2000. L 327. 93 pp. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj> (дата звернення 25.08.2018)

153. Directive 2011/92/EU of the European Parliament and of the Council of 13 December 2011 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment. (Last amended 25.04.2014). Official Journal of the European Union. 2011. L 26. 21 pp. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2011/92/oj> (дата звернення: 25.08.2018)

154. Drozd O., Zhuravel M., Diadin D. Halogenated technosoils within oil and gas fields of Ukraine. *Proceedings of Global Symposium on Soil Pollution*. (Rome, 2–4 May 2018). Rome, Italy, 2018. P. 257–262.

155. Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle. Principles and Applications. IAEA, UNESCO. 2001. Vol. 1. 164 pp.

156. Environmental Technology in the Oil Industry. 3<sup>rd</sup> edition. Editor Orszulik S. Springer International Publishing Switzerland, 2016. 485 pp.

157. Guidelines Document No 7. Monitoring under the Water Framework Directive. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003. 160 pp.

158. Guidelines Document No 15. Guidance on Groundwater Monitoring under the Water Framework Directive. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007. 54 pp.



159. Guidelines Document No 19. Guidance on Surface Chemical Monitoring under the Water Framework Directive. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2009. 132 pp.

160. Guidelines for Drinking Water Quality: 4-th edition. WHO, 2017. 543 p. URL: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/dwq-guidelines-4/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/dwq-guidelines-4/en/) (дата звернення: 25.08.2018)

161. Guideline for Groundwater Monitoring in the Onshore Petroleum and Geothermal Energy. Government of Western Australia, Dept. of Mines and Petroleum, 2016. 23 p.

162. Hagemann R., Nief G., Roth E. Absolute isotopic scale for deuterium analysis of natural waters. Absolute D/H ratio for SMOW. *Tellus*, 1970. v.22, No6. P. 712–715.

163. Hall K. J., Northcote T. G. Conductivity-temperature standardization and dissolved solids estimation in a meromictic saline lake. *Canadian Journal of Fishery and Aquatic Science*. 1986. 43 (12). P. 2450–2454.

164. He Y., Flynn S., Folkerts E., Zhang Y., Ruan D., Alessi D., Martin J., Goss G. Chemical and toxicological characterizations of hydraulic fracturing flowback and produced water. *Water Research*. 2017. No. 114. P. 78–87.

165. Hoefs J. Stable Isotope Geochemistry. 7-th edition. Springer, 2009. 389 p.

166. Hudak P., Wachal D. Effects of brine injection wells, dry holes, and plugged oil/gas wells on chloride, bromide, and barium concentrations in the Gulf Coast Aquifer, southeast Texas, USA. *Environment International*. 2001. Vol. 26, Issues 7–8. P. 497–503.

167. Jiménez S., Micó M.M., Arnaldos M., Medina F., Contreras S. State of the art of produced water treatment. *Chemosphere*. 2018. Volume 192. P. 186–208.

168. Kinzelbach W. Groundwater Modelling: An Introduction with Sample Programs in BASIC. Amsterdam-Oxford-New-York-Tokyo, 1986. 333 p.



169. Kondash A. J., Albright E., Vengosh A. Quantity of flowback and produced waters from unconventional oil and gas exploration. *Science of the Total Environment*. 2017. 574. P. 314–321.

170. Li H., Son J., Carlson K. Concurrence of aqueous and gas phase contamination of groundwater in the Wattenberg oil and gas field of northern Colorado. *Water Research*. 2016. Vol. 88. P. 458–466.

171. Lin S. D. Water and wastewater calculations manual. The McGraw-Hill Companies, Inc. 2007. 961 p.

172. Low stress (low flow) purging and sampling procedure for the collection of groundwater samples from monitoring wells. U. S. Protection Agency – Region I. 2017. 30 p. URL: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-10/documents/eqasop-gw4.pdf> (дата звернення 15.05.2019)

173. McMahon P., Thomas J., Crawford J., Dornblaser M., Hunt A. Methane in groundwater from a leaking gas well, Piceance Basin, Colorado, USA. *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 634. P. 791–801.

174. OpenStreetMap Data Extracts: Download Openstreetmap data for Ukraine. URL: <https://download.geofabrik.de/europe/ukraine.html> (дата звернення: 18.08.2018)

175. Osselin F., Nightingale M., Hearn G., Kloppmann W., Gaucher E., Clarkson C. R., Mayer B. Quantifying the extent of flowback of hydraulic fracturing fluids using chemical and isotopic tracer approaches. *Applied Geochemistry*. 2018. 93. P. 20–29.

176. Pawlowicz R. Calculating the conductivity of natural waters. *Limnology and Oceanography: Methods*. 2008. vol 6, issue 9. P. 489–501.

177. Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Groundwater Monitoring. Edited by Nielsen D. M. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. 2006. 1330 p.

178. Produced Water Volumes and Management Practices in the United States. Report prepared by Clark C. E and Veil J. A., Argonne National Laboratory, USA. 2009. 64 p.

179. Reiten J., Tischmak T. Appraisal of oil field brine contamination in shallow ground water and surface water, Eastern Sheridan county, Montana. MBMG Open-file Report 260. 1993. 300 p.

180. Robertson J., Chilingar G. Environmentals Aspects of Oil and Gas Production. Scrivener Publishing, Wiley. 2017. 407 p.

181. Rosenblum J., Nelson A. W., Ruyle B., Schultz M. K., Ryan J. N., Linden K. G. Temporal characterization of flowback and produced water quality from a hydraulically fractured oil and gas well. *Science of the Total Environment*. 2017. 596–597. P. 369–377.

182. Sampling procedures for isotope hydrology. IAEA, Introduction to Water Sampling and Analysis for Isotope Hydrology. 8 pp. URL: <http://www-naweb.iaea.org/naweb/iaea/napc/ih/documents/other/Sampling%20booklet%20web.pdf> (дата звернення: 24.08.2018)

183. Silliman S., Simpson E. Laboratory evidence of the scale effect in dispersion of solutes in porous media. *Water Resour. Res.*, 1987. N8. P.: 1667–1673.

184. Silva T., Morales-Torres S., Castro-Silva S., Figueiredo J., Silva A. An overview on exploration and environmental impact of unconventional gas sources and treatment options for produced water. *Journal of Environmental Management*. 2017. Volume 200. P. 511–529.

185. Stringfellow W., Camarillo M., Domen J., Sandelin W., Varadharajan C., Jordan P., Reagan M., Cooley H., Heberger M., Birkholzer J. Identifying chemicals of concern in hydraulic fracturing fluids used for oil production. *Environmental Pollution*. 2017. Vol. 220. Part A. P.: 413–420.

186. Summerhayes C. P., Thorpe S. A. *Oceanography: An Illustrated Guide*, 1996. 352 p.

187. Svidzinska D., Vasyliuk O., Seliverstov O., Biatov A., Diadin D., Ponomarova A., Sklyar O., Vinokurova S., Luchnykova I., Kleshnin A. Development of the Open Cadastre of Protected Areas in Ukraine. *Geomatics workbook 12 – “FOSS4G Europe Como 2015”* (Como, Italy, 14–17 July 2015).

Como, 2015. P. 225–231. URL: [http://geomatica.como.polimi.it/workbooks/n12/FOSS4G-eu15\\_submission\\_64.pdf](http://geomatica.como.polimi.it/workbooks/n12/FOSS4G-eu15_submission_64.pdf)

188. Vystavna Y., Diadin D. Water scarcity and contamination in eastern Ukraine. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*. 2015. 360. P. 149–150. URL: <https://doi.org/10.5194/piahs-366-149-2015>

189. Vystavna Y., Diadin D., Huneau F. Describing stable water isotopes framework for the surface water, groundwater and precipitation in East Ukraine *7th International Conference on Water Resources and Environment Research (ICWRER2016)*: proceedings of the conference (Kyoto TERRSA, Kyoto, Japan, June 5–9, 2016). Kyoto, 2016. URL: <http://wrrc.dpri.kyoto-u.ac.jp/icwrer2016/>

190. Vystavna Y., Diadin D., Rossi P., Mehdizadeh R., Gusyev M., Hejzlar J., Huneau F. Quantification of water and sewage leakages from urban infrastructure into a shallow aquifer in East Ukraine. *Environmental Earth Sciences*. 2018. 77: 748.

191. Vystavna Y., Frkova Z., Celle-Jeanton H., Diadin D., Huneau F., Steinmann M., Crini N., Loup C. Priority substances and emerging pollutants in urban rivers in Ukraine: occurrence, fluxes and loading to transboundary European Union watersheds. *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 637–638. P. 1358–1362.

192. Vystavna Y., Huneau F., Diadin D. Defining a stable water isotope framework for isotope hydrology application in a large transboundary watershed (Russian Federation/Ukraine). *Isotopes in Environmental and Health Studies*. 2017. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/10256016.2017.1346635>.

193. Vystavna Y., Yakovlev V., Diadin D., Vergeles Y., Stolberg F. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface and ground waters in the transboundary (Russia/Ukraine) Seversky Donets basin. *Environmental Earth Sciences*. 2015. Vol. 74 (1). P. 585–596. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s12665-015-4060-0>

194. Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programs / edited by Bartram J. and Balance R., WHO, UN Environment Programme. London: E&FN

Spon, 1996. 383 pp. URL: <http://www.who.int/iris/handle/10665/41851> (дата звернення: 25.08.2018)

195. Whittemore D. Fate and identification of oil-brine contamination in different hydrogeologic settings. *Applied Geochemistry*. 2007. Vol. 22, issue 10. P. 2099–2114.

196. Woodal D., Gambrell R., Rabalais N., DeLaune R. Developing a method to track oil and gas produced water discharges in estuarine systems using salinity as a conservative tracer. *Marine Pollution Bulletin*. 2001. Vol. 42. Issue 11. P.: 1118–1127.

197. Yakovlev V., Vystavna Y., Diadin D., Vergeles Y. Nitrates in springs and rivers of East Ukraine: Distribution, contamination and fluxes. *Applied Geochemistry*. 2015. Vol. 53. P. 71–78.

198. Yusta-García R., Orta-Martínez M., Mayor P., González-Crespo C., Rosell-Melé A. Water contamination from oil extraction activities in Northern Peruvian Amazonian rivers. *Environmental Pollution*. 2017. 225. P. 370–380.

199. Zhuravel M., Drozd O., Diadin D., Sheina T., Yaremenko V. Geochemical characteristics of halogenic technosoils within oil and gas fields. *Agrochemistry and Soil Science*. 2017. 86. P. 100–106.

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

### Список публікацій здобувача

#### *Наукові праці, в яких опубліковані наукові результати дисертації*

1. Журавель Н. Е., Клочко П. В., Дядін Д. В. Современное экологическое состояние подземных и поверхностных вод в районе Качановского нефтепромыслового узла. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2007. № 4. С. 66–73. Автор виконав польові вимірювання, відбирання проб води, опрацювання та аналізування результатів гідрохімічних досліджень. Участь автора – 30%.

2. Дядін Д. В. Гідрохімічні показники осередків забруднення підземних вод на родовищах Східного нафтогазоносного басейну. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. № 1(15). С. 37–47.

3. Дядін Д. В., Журавель М. Ю., Клочко П. В., Борщ М. С., Яременко В. В. Оцінка впливу на підземні води на ділянці проведення гідророзриву пласта. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. № 2 (16). С. 10–19. Автору належить обробка та аналіз результатів досліджень, проведення оцінки впливу на підземні води. Участь автора – 50%.

4. Дядін Д. В., Журавель М. Ю., Клочко Т. О., Яременко В. В. Аналіз чинного нормативно-правового забезпечення екологічного моніторингу на територіях діяльності нафтогазовидобувних підприємств України. *Екологія та промисловість*. 2017. № 3–4 (52–53). С. 127–134. Автор проаналізував нормативні документи щодо вимог стосовно організації та проведення моніторингу довкілля на територіях нафтогазовидобування. Участь автора – 50%.

5. Дядін Д. В., Журавель М. Ю., Клочко П. В. Оцінка стану довкілля на ділянках аварійних свердловин. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2018. № 1 (17). С. 4–13. Автор виконав основний обсяг аналітичної роботи щодо опрацювання та інтерпретування даних,

обґрунтував показники моніторингу ділянок аварійних свердловин. Участь автора – 60%.

6. Дядін Д. В., Дмитренко Т. В., Яковлев В. В., Вергелес Ю. І. Оцінка стану природних джерел у басейні р. Роганка Харківської області як джерел альтернативного децентралізованого водопостачання. *Екологічна безпека*. 2018. Вип. 2/2018 (26). С. 39–48. Автор проаналізував гідрохімічні характеристики джерельних вод та здійснив оцінку техногенного впливу в локальному водозбірному басейні. Участь автора – 50%.

7. Дядін Д. В. Принципи розміщення пунктів локального моніторингу підземних і поверхневих вод на ділянках нафтогазовидобування. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2018. № 2 (18). С. 121–133.

8. Zhuravel M., Drozd O., Diadin D., Sheina T., Yaremenko V. Geochemical characteristics of halogenic technosoils within oil and gas fields. *Agrochemistry and Soil Science*. 2017. 86. P. 100–106. Автор проаналізував склад і ступінь екологічної безпеки супутніх пластових вод як забрудника ґрунтового розчину на нафтогазовому родовищі. Участь автора – 20%.

9. Vystavna Y., Yakovlev V., Diadin D., Vergeles Y., Stolberg F. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface and ground waters in the transboundary (Russia/Ukraine) Seversky Donets basin. *Environmental Earth Sciences*. 2015. Vol. 74 (1). P. 585–596. Автор проаналізував просторові та часові закономірності розподілу гідрохімічного складу підземних вод у дослідженому басейні в умовах комплексного техногенного впливу. Участь автора – 30%.

10. Vystavna Y., Huneau F., Diadin D. Defining a stable water isotope framework for isotope hydrology application in a large transboundary watershed (Russian Federation/Ukraine). *Isotopes in Environmental and Health Studies*. 2017. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/10256016.2017.1346635>. (Індексується в міжнародних наукометричних базах Scopus, Web of Science). Автор здійснив

оцінку водного балансу підземних та поверхневих вод із застосуванням методу водних стабільних ізотопів. Участь автора – 40%.

11. Vystavna Y., Frkova Z., Celle-Jeanton H., Diadin D., Huneau F., Steinmann M., Crini N., Loup C. Priority substances and emerging pollutants in urban rivers in Ukraine: occurrence, fluxes and loading to transboundary European Union watersheds. *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 637–638. P. 1358–1362. (Індексується в міжнародних наукометричних базах Scopus, Web of Science). Автор дослідив якісний склад річкових вод та здійснив інтерпретацію показників техногенного впливу, зокрема визначив джерела надходження поліароматичних вуглеводнів у водні об'єкти. Участь автора – 20%.

***Наукові праці, які засвідчують апробацію результатів дисертації***

12. Яременко В. В., Дядін Д. В. Гідрохімічний моніторинг природних вод на території діяльності СП «Полтавська газонафтова компанія». *Безпека середовища життєдіяльності людини: екологічні, медичні та економічні аспекти* : матер. наук.-практ. конф., (м. Ялта, 26–30 вересня 2011 р.). Ялта, 2011. С. 20–21.

13. Diadin D., Vystavna Y. Temporal and spatial variations in stable isotopes ( $^{18}\text{O}$  and  $^2\text{H}$ ) and major ion concentration within the Seversky Donets water catchment, East Ukraine. *International Symposium on Isotope Hydrology: Revisiting Foundations and Exploring Frontiers* : proceedings of the symposium (IAEA, 11–15 May 2015). Vienna, Austria, 2015. P. 147–150.

14. Vystavna Y., Diadin D. Water scarcity and contamination in eastern Ukraine. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*. 2015. Vol. 366. P. 149–150. (Збірник індексується у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science)

15. Дядін Д. В., Клочко П. В., Голик Ю. С., Яременко В. В. Организация мониторинга подземных вод на территории деятельности СП «Полтавская газонефтяная компания» (Полтавская область, Украина). *Современные научные исследования: инновации и опыт* : матер. XVII–XVIII



міжнар. наук.-практ. конф., (м. Єкатеринбург, Росія, 04–05 грудня 2015 р.). Єкатеринбург, 2015. С. 11–17.

16. Дядін Д. В. Геоінформаційне забезпечення моніторингу довкілля на об'єктах нафтогазовидобувного комплексу. *ГІС-Форум 2016* : матер. форуму (ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 16–18 березня 2016 р.). Харків, 2016.

17. Дядін Д. В. Гідрохімічні показники моніторингу підземних і поверхневих вод на об'єктах нафтогазовидобувної інфраструктури. *Екогеофорум-2017. Актуальні проблеми та інновації* : матер. міжнар. наук.-практ. конф. (Івано-Франківський нац. техн. ун-т нафти і газу, 22–25 березня 2017 р.). Івано-Франківськ, 2017. С. 66–67.

18. Diadin D., Celle-Jeanton H., Steinmann M., Loup C., Crini N., Vystavna Y., Vergeles Y., Huneau F. Distribution of persistent organic pollutants and trace metals in surface waters in the Seversky Donets River basin (Eastern Ukraine). *European Geosciences Union General Assembly 2017*. (Vienna, 23–28 April 2017). Geophysical Research Abstracts. Vol. 19, EGU2017-14670-1. Vienna, Austria, 2017.

19. Дядін Д. В., Клочко Т. О., Яременко В. В. Екологічний моніторинг компонентів довкілля під час розробки нафтогазового родовища. *Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки* : матер. X міжнар. наук.-практ. конф. (Полтавський нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка, 6–8 грудня 2017 р.). Полтава, 2017. С. 36–37.

20. Drozd O., Zhuravel M., Diadin D. Halogenated technosoils within oil and gas fields of Ukraine. *Global Symposium on Soil Pollution: proceedings* (Rome, 2–4 May 2018). Rome, Italy, 2018. P. 257–262.

21. Diadin D. Implementation of water monitoring on oil and gas production areas in Ukraine. *Science-policy seminar “Instruments of EU environmental policy for Ukraine”*. V. N. Karazin Kharkiv National University, 20 April 2018. Kharkiv, Ukraine. P. 12–14.

22. Подчерніна Т. Ю., Дядін Д. В. Використання ГІС для оцінки впливу господарської діяльності на об'єкти природно-заповідного фонду. *ГІС*

*і заповідні території* : матер. VI наук.-метод. семінару (м. Краснокутськ, НПП Слобожанський, 29 червня – 02 липня 2018 р.). Харків, 2018.

23. Сенько О. С., Дядін Д. В. Просторові обмеження нафтогазовидобувної діяльності в складі оцінки впливу на довкілля. *Сталий розвиток міст* : матер. XII Всеукр. студ. наук.-техн. конф. (м. Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 24 квітня 2019 р.). Харків, 2019. С. 200–202.

## ДОДАТОК Б

Іонний склад підземних і поверхневих вод на досліджених родовищах

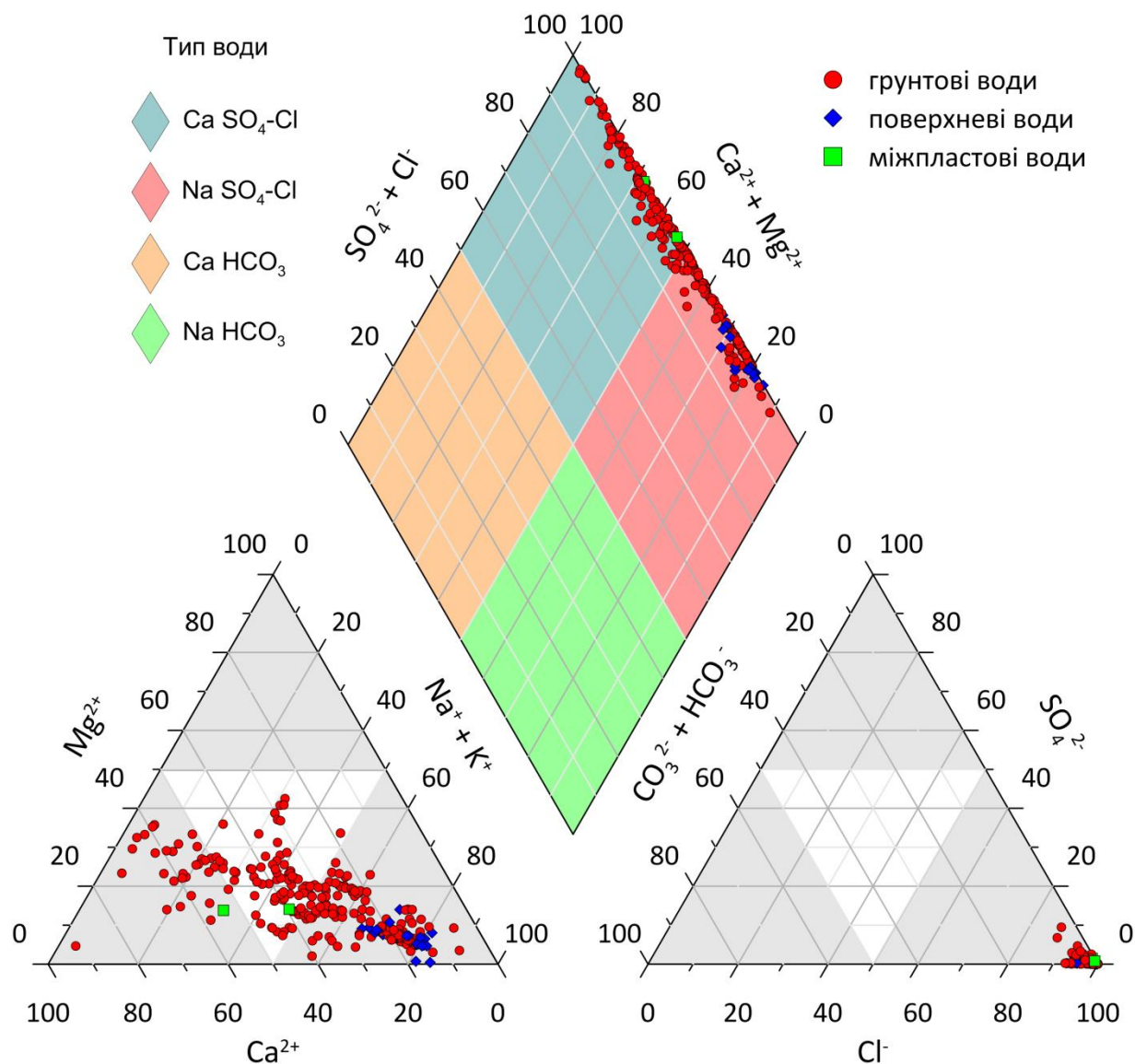


Рисунок Б.1 Хімічний склад проб підземних і поверхневих вод  
(група А – мінералізація від 10 до 130 г/дм<sup>3</sup>)

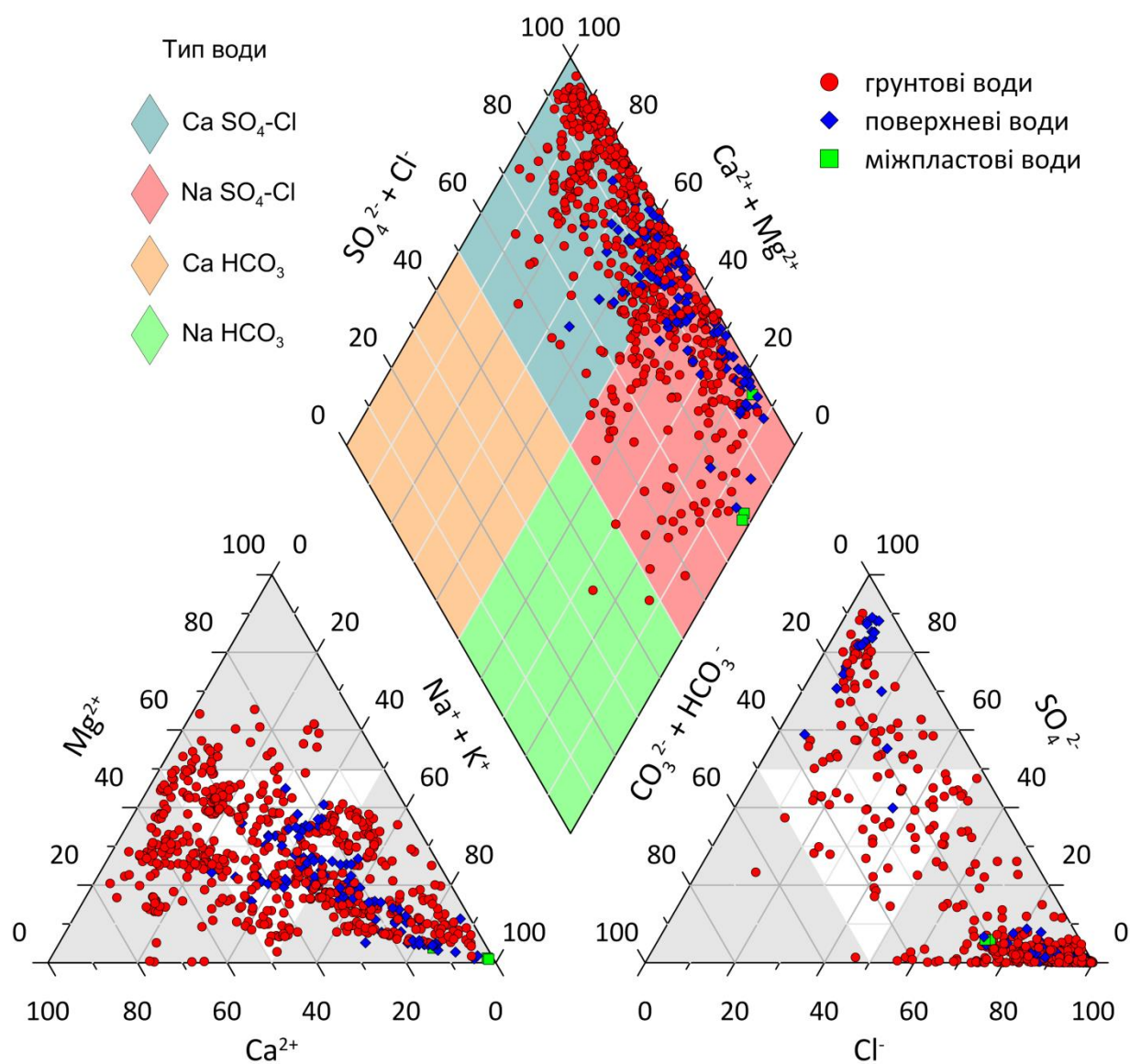


Рисунок Б.2 – Хімічний склад проб підземних і поверхневих вод  
(група Б – мінералізація від 3 до 10 г/дм<sup>3</sup>)

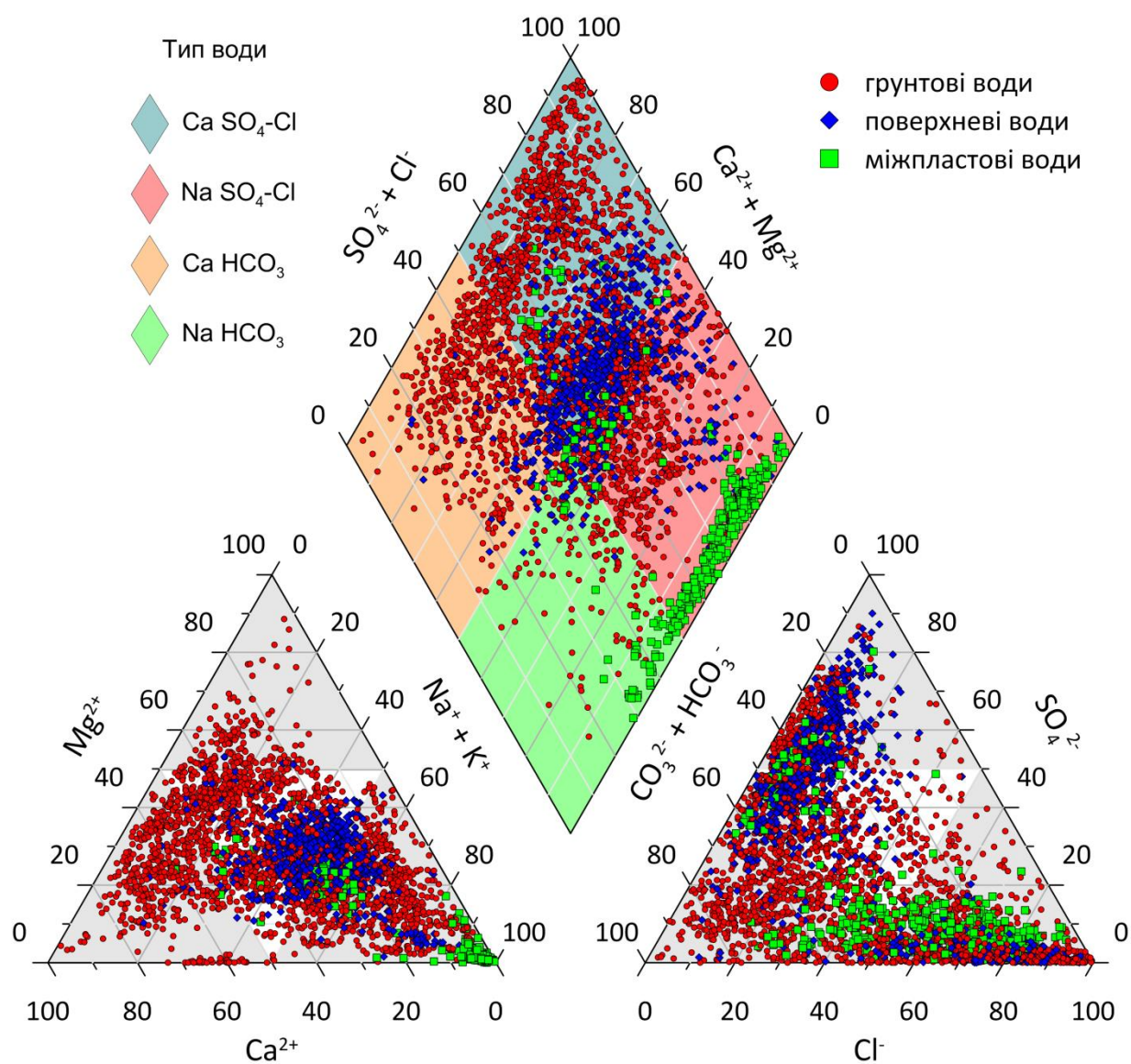


Рисунок Б.3 – Хімічний склад проб підземних і поверхневих вод  
(підгрупа В1 – мінералізація від 1 до 3 г/дм<sup>3</sup>)



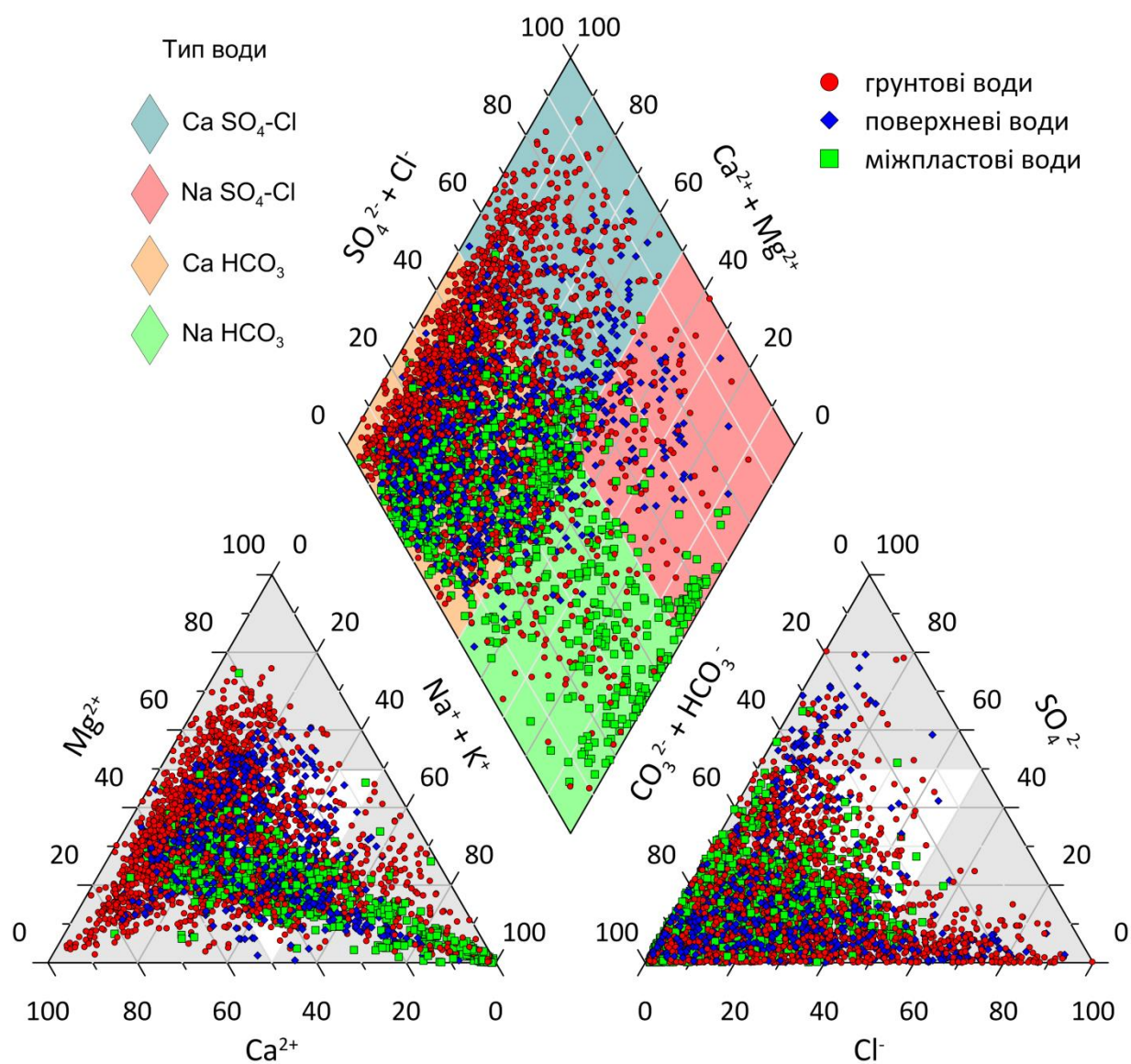


Рисунок Б.4 – Хімічний склад проб підземних і поверхневих вод (підгрупа С2 – мінералізація менше 1 г/дм<sup>3</sup>)

## ДОДАТОК В

Розподіл компонентів у складі забруднених підземних і поверхневих вод на ділянках різних технологічних об'єктів

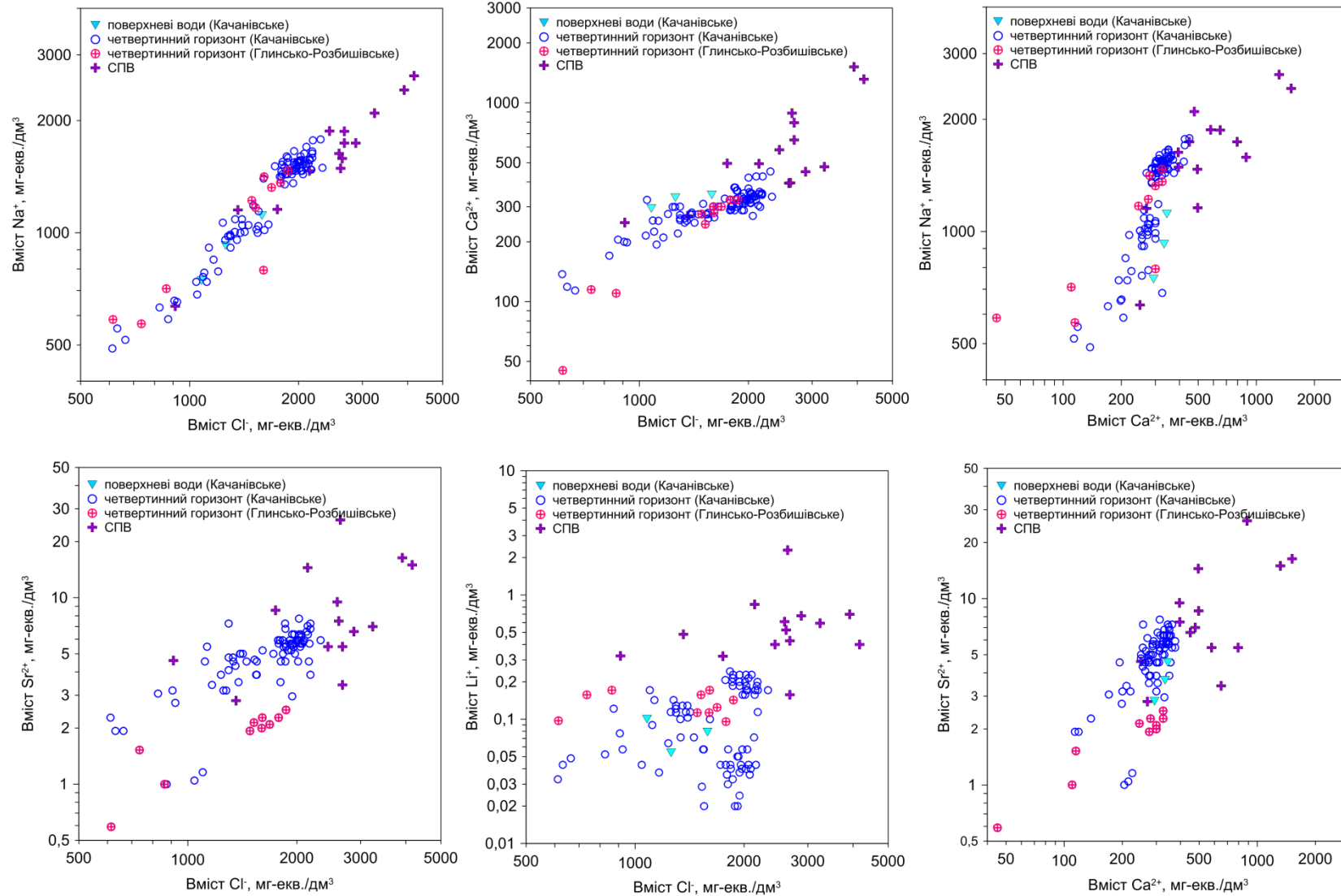


Рисунок В.1 – Розподіл компонентів у складі забруднених вод на ділянках відкритих споруд підготовки СПВ

## Кінець Додатку В

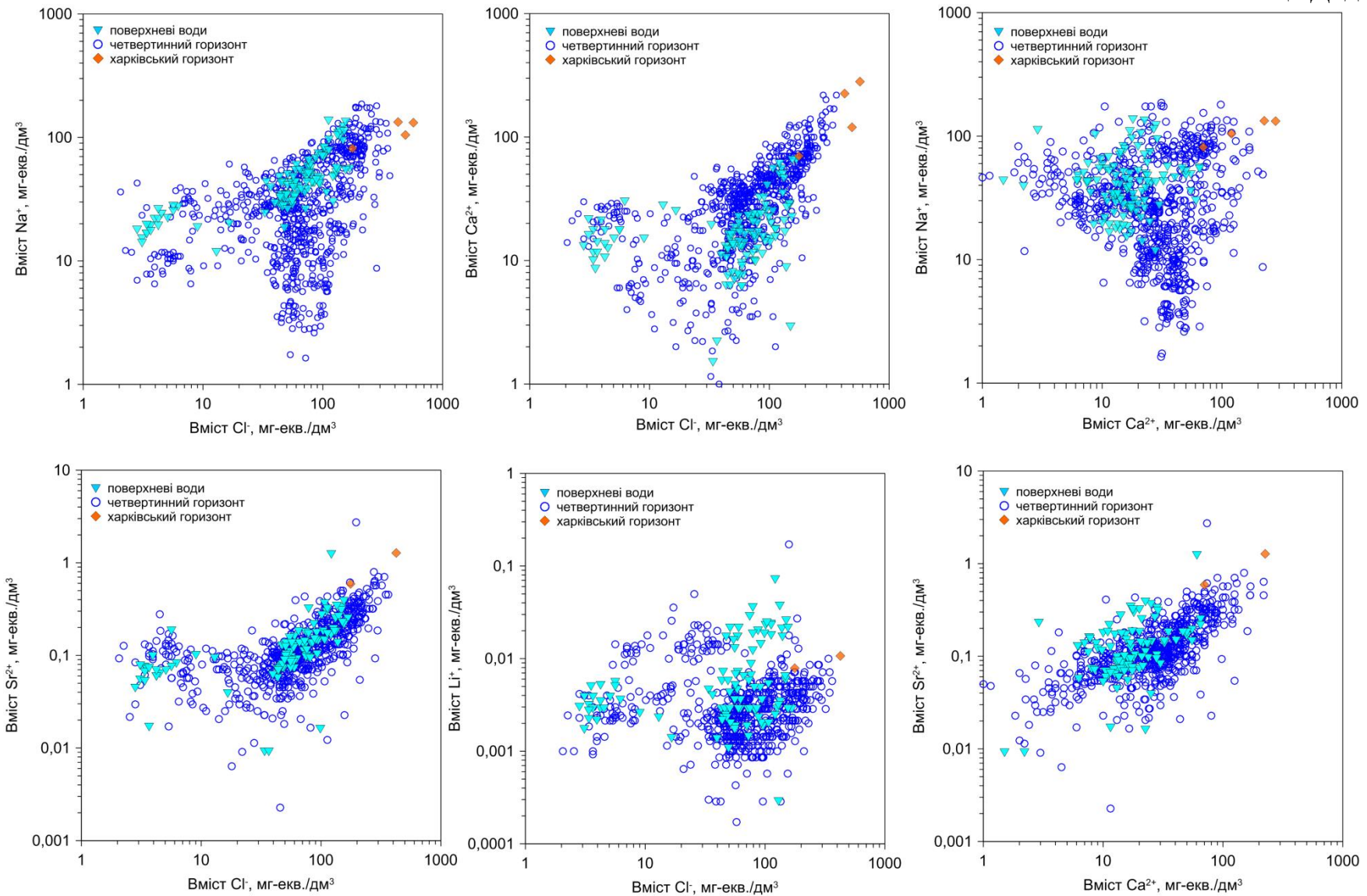


Рисунок В.2 – Розподіл компонентів у складі забруднених вод на ділянках скидних свердловин і водоводів СПВ



## ДОДАТОК Г

Хімічний склад досліджених підземних вод міжпластових водоносних горизонтів, які експлуатуються свердловинами водопостачання

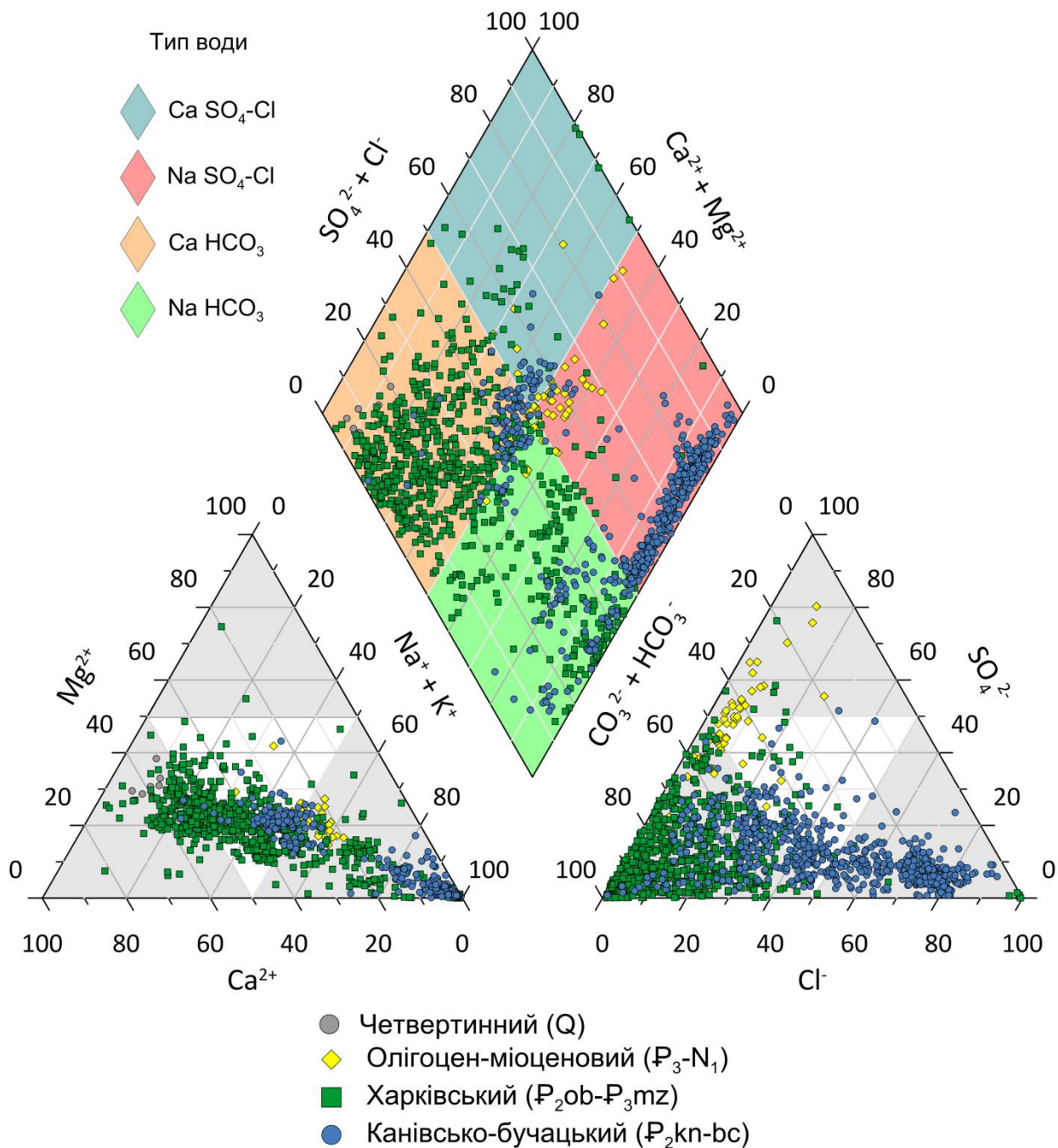


Рисунок Г.1 – Хімічний склад міжпластових підземних вод

Кінець додатку Г

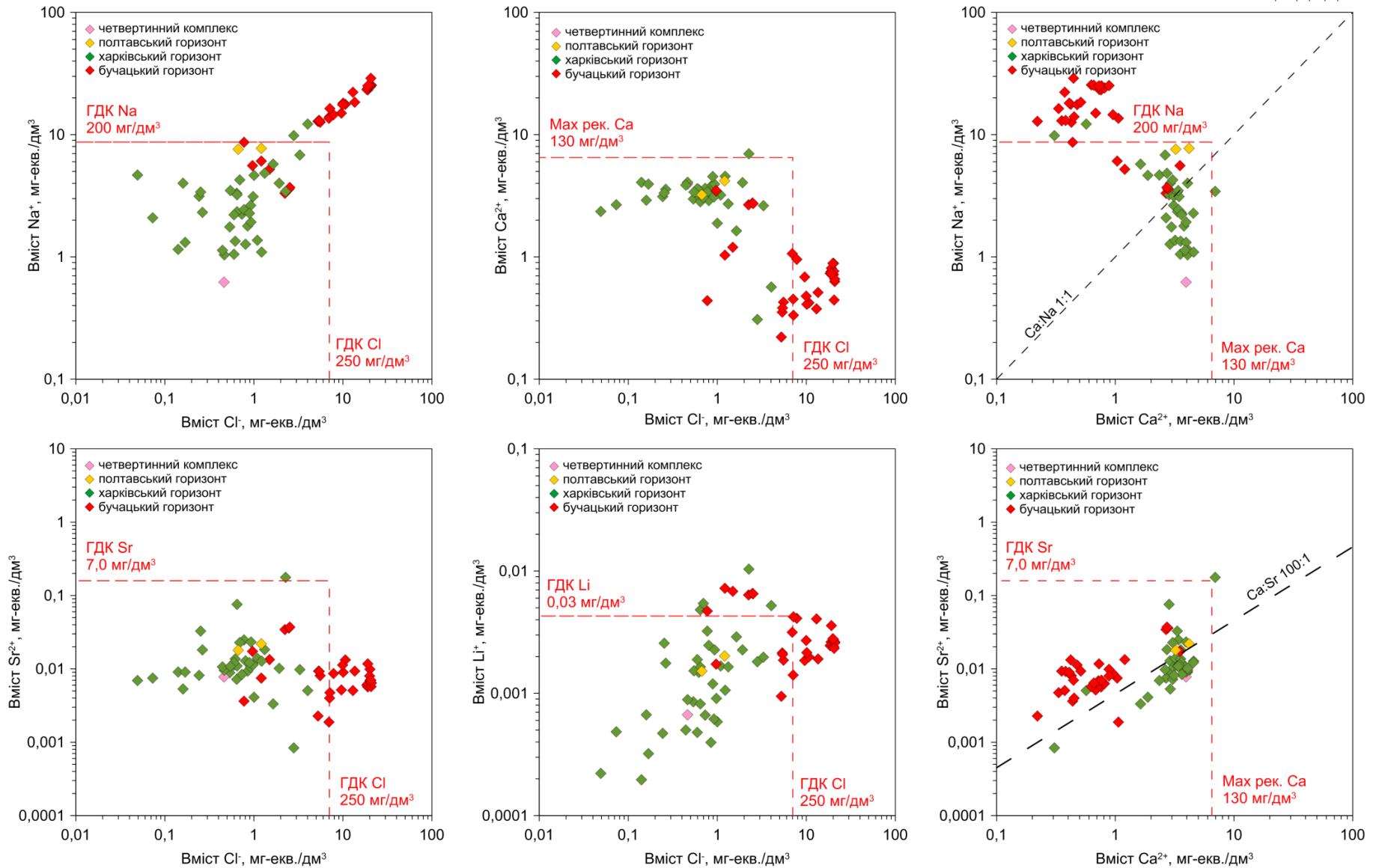


Рисунок Г.2 – Розподіл компонентів у складі міжпластових підземних вод

## ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1 – Результати просторового аналізу перекриття ліцензійних ділянок нафтогазовидобування із об'єктами ПЗФ

Назва родовища (площі)	Площа родовища, км <sup>2</sup>	Сумарна площа перекриття родовища з об'єктами ПЗФ, км <sup>2</sup>		
		всі типи ПЗФ	гідрологічні	комплексні
<i>Полтавська область</i>				
Білоусівсько-Чорнухинська	100,6	0,299	0,272	0,027
Білоцерківська площа	123,7	0,136	–	0,136
Бірківсько-Юхнівська	26,1	7,341	–	7,341
Бобрицька	12,9	3,758	–	3,758
Болотівсько-Західно-Суходолівська	136,8	15,266	–	6,622
Броварки-Петрівська площа	447,6	30,234	0,632	28,277
Бутівсько-Миргородська	117,0	0,008	–	–
Вакулівське	38,6	0,399	–	0,399
Веснянське	13,2	0,155	–	–
Вільшанська	136,4	2,735	–	2,552
Гадяцьке	22,2	0,610	–	0,610
Гаркушинська	39,8	5,231	–	5,231
Горобцівсько-Відрадненське	40,8	1,173	–	–
Гулаківська	119,7	0,140	–	–
Давидівсько-Лелюхівська	155,6	2,454	–	–
Дружинінська	29,3	0,004	–	–
Єлизаветівське	70,8	0,348	–	–
Жуківська	57,3	0,281	–	0,281
Зв'язівська	116,7	0,817	–	–
Зуївська	74,5	0,111	–	0,100
Іордансько-Дейнеківська	360,2	14,805	–	14,733
Ковалівсько-Сулимська	87,7	0,861	–	0,524
Комишнянське	120,5	0,061	–	–
Копилівське	51,0	0,140	–	–
Куличихинське	8,9	0,013	–	0,013
Луценківське	85,5	0,498	–	–
Лютенсько-Будищанська	46,7	0,440	–	0,440
Матешівсько-Легайдівська	379,8	6,486	–	6,428
Мачухське	19,3	0,004	–	–
Млинська	124,4	26,341	–	26,341
Ново-Диканська	181,2	5,290	–	4,760
Опішнянське	31,0	0,856	–	0,855
Південно-Свистунівська	164,2	2,034	–	2,034
Прирічне	38,7	0,153	–	–
Римарівське	15,4	0,024	–	–
Рудівсько-Червонозаводське	191,2	7,643	7,643	–
Руновщинська	164,2	10,575	0,008	10,100
Свирідівське	126,4	6,418	4,684	0,726
Семиренківське	158,6	0,922	0,650	0,272

## Продовження таблиці Д.1 Додатку Д

Назва родовища (площі)	Площа родовища, км <sup>2</sup>	Сумарна площа перекриття родовища з об'єктами ПЗФ, км <sup>2</sup>		
		всі типи ПЗФ	гідрологічні	комплексні
Скиданівська	213,6	25,833	–	24,449
Скоробогатьківське (південний блок)	52,6	5,968	3,181	2,787
Сорочинське	97,1	0,054	–	–
Східно Миртівська-Затонська	45,1	1,131	–	1,131
Східно-Полтавське	56,9	0,451	–	0,276
Тимофіївське	25,5	0,791	–	0,774
Філенківсько-Черняхівська площа	105,9	22,271	–	–
Фльорівсьо-Ювілейна	472,0	6,829	–	6,082
Харківцівське (Сарська ділянка)	35,2	7,769	–	7,744
Цимбалівська	132,6	10,323	–	10,317
Юхнівська площа	256,3	18,344	–	18,146
Ярмаківська	78,5	5,722	–	5,722
<b>Харківська область</b>				
Березівське (горизонт-В-21-26, Т-1)	48,8	0,002	–	–
Борисівське	60,0	0,094	–	–
Герсеванівська	349,6	1,067	0,360	–
Денисівське	61,1	4,135	–	–
Деркачівсько-Войтенківська	499,1	2,143	2,040	–
Західно-Волохівська	156,9	3,666	–	–
Західно-Гутська	182,2	0,709	–	–
Західно-Козіївське	18,6	0,068	–	–
Західно-Ольгівська	458,2	0,127	–	–
Карайкозівське	117,0	5,718	–	5,718
Качалівське	26,5	2,181	0,004	2,119
Кегичівське	40,2	0,061	–	–
Клубанівська-Зубренківська	102,2	1,133	–	1,133
Кобзівське	213,2	1,960	–	–
Козіївське	8,9	5,656	0,062	5,594
Колонтаївська	64,1	0,035	–	–
Комсомольська	171,0	4,937	1,402	3,535
Коробочкинське	59,5	0,648	–	0,648
Лесківсько-Мягківська	335,1	0,081	–	–
Мажарівська площа	278,6	0,169	–	–
Максальське	125,2	0,995	–	–
Мурафинська	72,7	1,450	–	–
Нижньортищівська	60,6	2,846	–	2,846
Огульцівське	35,1	0,002	–	–
Пегедівська	496,7	0,550	–	–
Південно-Василенківська	53,6	1,095	–	1,095
Південно-Кисівська	26,3	0,041	–	–

## Кінець таблиці Д.1 Додатку Д

Назва родовища (площі)	Площа родовища, км <sup>2</sup>	Сумарна площа перекриття родовища з об'єктами ПЗФ, км <sup>2</sup>		
		всі типи ПЗФ	гідрологічні	комплексні
Ракитнянське (у т.ч. Капонівський блок)	118,5	0,283	–	–
Сахновщинська	495,8	0,035	–	–
Степківська	123,4	0,544	0,402	–
Таранушинська	97,5	0,0002	–	–
Тимченківсько-Біляївська	272,2	0,040	–	–
Філенківсько-Черняхівська площа	80,2	0,314	–	–
Шебелинське	223,3	1,138	–	1,138
Юзівська	2930,5	83,05	–	75,956
Юліївське (за винятком Золочівського блоку)	66,5	0,233	–	0,233

## ДОДАТОК Е

Співвідношення питомої електропровідності та мінералізації води

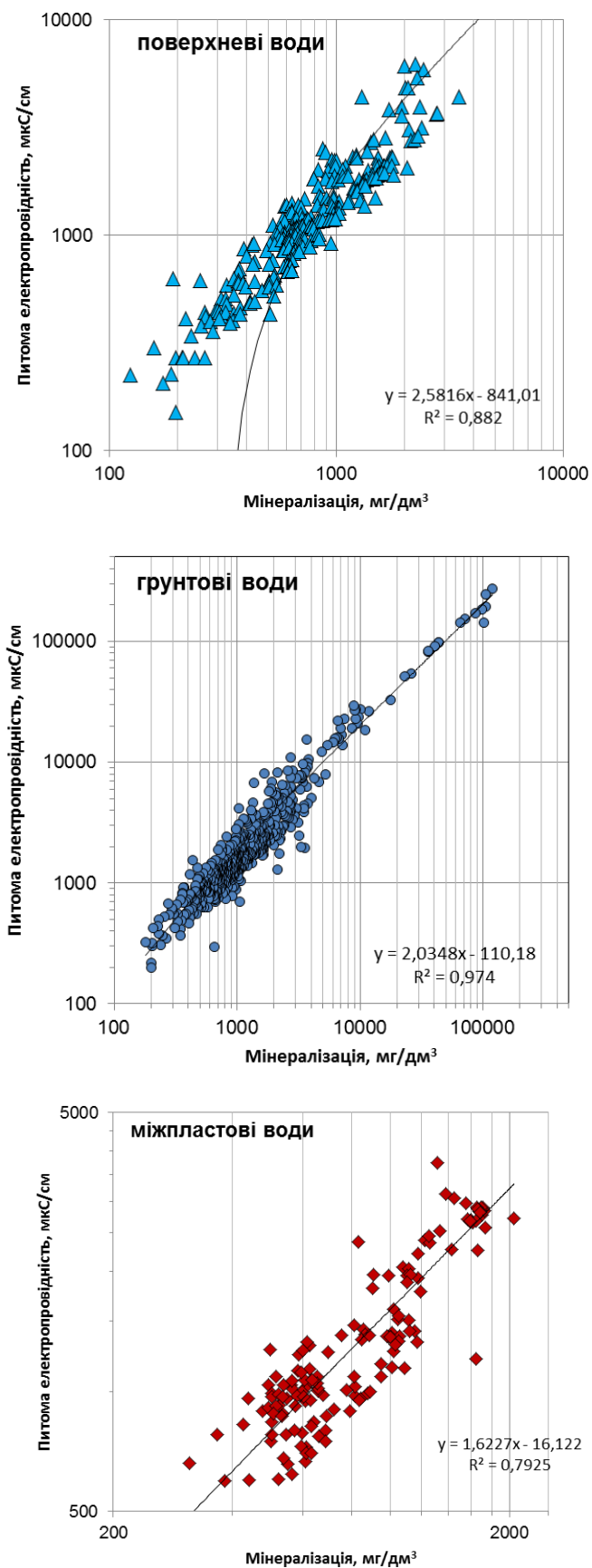


Рисунок Е.1 – Співвідношення мінералізації та питомої електропровідності ВОД

## ДОДАТОК Ж

### Впровадження результатів досліджень у виробництво

**ПОГОДЖЕНО**  
 Директор  
 ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»  
 \_\_\_\_\_ Д. Г. Мохов  
 «03» \_\_\_\_\_ липня 2018р.



**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
 Генеральний директор  
 Спільне підприємство «Полтавська  
 газонафтова компанія»  
 \_\_\_\_\_ В. В. Яременко  
 «03» \_\_\_\_\_ 2018р.



#### АКТ

#### впровадження науково-дослідної роботи

1. Назва науково-дослідної установи оригіатора розробки: ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД», м. Харків.
2. Найменування закінченої НДР, яка запропонована для впровадження: База даних моніторингу підземних і поверхневих вод на території діяльності СП «Полтавська газонафтова компанія» (СП ПГНК)
3. Автори закінченої НДР: Журавель М. Ю., канд. геол.-мін. наук, керівник роботи; Ключко П. В., заст. директора; Дядін Д. В., пров. спец., ст. викл. ХНУМГ ім. О. М. Бекетова.
4. Обсяг впровадження: база даних обсягом 2320 записів із результатами вимірювань у 210 пунктах моніторингу, що характеризує стан підземних і поверхневих вод на території діяльності СП ПГНК площею близько 200 км<sup>2</sup>
5. Терміни проведення впровадження: березень – червень 2018 року
6. Впровадження здійснювалося: на базі СП ПГНК, Полтавська область
7. Порядок проведення впровадження: розроблено базу даних для зберігання, обробки та аналізу результатів моніторингу підземних і поверхневих вод на території діяльності «Полтавська газонафтова компанія» у межах Ігнатівського, Новомиколаївського, Руденківського, Мовчанівського нафтогазових родовищ у Новосанжарському районі Полтавської області, Єлизаветівського родовища Машівського району Полтавської області, що містить перелік пунктів моніторингу з їхніми характеристиками, результати польових вимірювань (фізико-хімічні показники – температура, питома електропровідність, водневий показник, окислювально-відновний потенціал; рівні підземних вод), результати аналітичних лабораторних досліджень (сухий залишок; вміст основних іонів – HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Ca, Mg, Na, K; вміст специфічних речовин-індикаторів забруднення від нафтогазовидобутку – Sr, Li, нафтопродукти), розрахункові показники (мінералізація, загальна жорсткість, похибка іонного балансу, коефіцієнти перевищення ГДК) .
8. Результати впровадження розробки (екологічні, економічні, соціальні): інформаційна підтримка системи комплексного екологічного моніторингу, що забезпечує економію часу на 75 % при формуванні інформаційних звітів, зокрема при складанні відповідного розділу з оцінки впливу на водне середовище при формуванні звітів з оцінки впливу на довкілля.
9. Пропозиції щодо подальшого використання: рекомендовано для подальшого використання СП ПГНК на постійній основі.

Відповідальні за впровадження:  
 від ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»  
 \_\_\_\_\_ Дядін Д. В.

від СП «Полтавська газонафтова компанія»  
 \_\_\_\_\_ Яременко В. В.,  
 Провідний інженер з ОНС



ПОГОДЖЕНО

Директор  
ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»  
Д. Г. Мохов  
“20” грудня 2017р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор  
Спільне підприємство «Полтавська  
газонафтова компанія»

“20”



АКТ

### впровадження науково-дослідної роботи

1. Назва науково-дослідної установи оригіатора розробки: ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД», м. Харків.
2. Найменування закінченої НДР, яка запропонована для впровадження: Обґрунтування структури і складу режимної мережі гідрохімічного моніторингу підземних і поверхневих вод на території діяльності СП «Полтавська газонафтова компанія» (СП ПГНК)
3. Автори закінченої НДР: Журавель М. Ю., канд. геол.-мін. наук, керівник роботи; Ключко П. В., заст. директора; Дядін Д. В., пров. спец., ст. викл. ХНУМГ ім. О. М. Бекетова.
4. Обсяг впровадження: режимна мережа моніторингу із 72 пунктів спостережень за станом підземних і поверхневих вод.
5. Терміни проведення впровадження: лютий – грудень 2016 року.
6. Впровадження здійснювалося: на базі СП ПГНК у межах ліцензійних площ Ігнатівського, Новомиколаївського, Руденківського, Мовчанівського нафтогазових родовищ у Новосанжарському районі Полтавської області, Єлизаветівського родовища Машівського району Полтавської області.
7. Порядок проведення впровадження: обґрунтовано структуру режимної мережі гідрохімічного моніторингу на території діяльності СП ПГНК в Полтавській області, місця облаштування та конструкції спостережних свердловин, вибір оптимальних місць розташування пунктів спостереження (колодязів, водозабірних свердловин, поверхневих водних об'єктів і каптажів джерел), розроблено базу геоданих та електронні картосхеми просторового розташування пунктів моніторингу в складі геоінформаційної системи.
8. Результати впровадження розробки (екологічні, економічні, соціальні): забезпечення максимальної надійності системи екологічної безпеки діяльності СП ПГНК, оптимізація витрат підприємства на 30 % в розрізі затрат на розташування спостережних свердловин, визначення екологічного стану поверхневих водних об'єктів та якісного стану джерел водопостачання населення на території діяльності СП ПГНК.
9. Пропозиції щодо подальшого використання: рекомендовано для подальшого використання СП ПГНК на постійній основі.

Відповідальні за впровадження:

від ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»

Дядін Д. В.

від СП «Полтавська газонафтова компанія»

Яременко В. В.,

Пров. інженер з ОНС



ПОГОДЖЕНО

Декан факультету інженерної екології міст  
ХНУМГ імені О. М. Бекетова  
канд. техн. наук інженерних  
факультетів та екології  
В. О. Ткачов

“01” вересня 2017р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»

Д. Г. Мохов

“01” вересня 2017р.



АКТ

### впровадження науково-дослідної роботи

1. Назва науково-дослідної установи оригіатора розробки: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
2. Найменування закінченої НДР, яка запропонована для впровадження: Система показників впливу нафтогазовидобувної діяльності на стан підземних і поверхневих вод
3. Автори закінченої НДР: Дядін Д. В., ст. викладач ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
4. Обсяг впровадження: набір із 7 основних і 12 допоміжних показників, впроваджених у системі моніторингу підземних і поверхневих вод на 9 нафтогазових родовищах
5. Терміни проведення впровадження: березень – жовтень 2017 року
6. Впровадження здійснювалося: на базі ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД», м. Харків
7. Порядок проведення впровадження: розроблено й обґрунтовано систему гідрохімічних показників впливу нафтогазовидобувної діяльності на стан підземних і поверхневих вод, що передбачає комплексне вимірювання питомої електропровідності, вмісту компонентів супутніх пластових вод (хлориди, натрій, стронцій, літій), мінералізації, вмісту нафтопродуктів та інших допоміжних показників, яку застосовано при виконанні екологічного моніторингу підземних і поверхневих вод на території діяльності нафтогазовидобувних підприємств Східної України на родовищах – Ігнатівське, Новомиколаївське, Мовчанівське, Руденківське, Єлизаветівське, Островецьке, Васишівське, Свиридівське, Мехедівсько-Голотовщинське.
8. Результати впровадження розробки (екологічні, економічні, соціальні): підвищення інформативності та об'єктивності оцінки впливу нафтогазовидобувних підприємств на стан водних об'єктів під час провадження екологічного моніторингу
9. Пропозиції щодо подальшого використання: рекомендовано для подальшого використання у науково-дослідних роботах ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс» на постійній основі»
10. Відповідальні за впровадження:

від ХНУМГ ім. О. М. Бекетова

Д. В. Дядін

від ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»

Д. Г. Мохов

М. Ю. Журавель,  
канд. геол.-мін.наук

## **ТОВ «СВНЦ ІНТЕЛЕКТ-СЕРВІС ЛТД»**

61068, м. Харків, вул. Академіка Павлова, 20, оф.5, e-mail [scentris@ukr.net](mailto:scentris@ukr.net)

Тел. (057)-7383854  
№ 01-20/11

Факс: (057)-7383854  
від 20.11.2018 р.

### **ДОВІДКА**

про впровадження результатів наукових досліджень  
з теми кандидатської дисертації  
Дядіна Дмитра Володимировича

Цим документом засвідчуємо, що результати наукових досліджень та положення, які складають наукову новизну кандидатської дисертації **Дядіна Дмитра Володимировича**, старшого викладача кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова, за темою «Моніторинг підземних і поверхневих вод на об'єктах нафтогазовидобувного комплексу» впроваджені у науково-дослідних роботах підприємства ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД» 2006-2018 років:

- Проект гідрохімічного моніторингу та облаштування спостережних свердловин на Ігнатівському родовищі (договір №1 від 20.06.2006 р.); Гідрохімічний моніторинг поверхневих та підземних вод в районі проммайданчика Ігнатівського родовища та ПНН в с. Руденківка (договір № 01/01-07 від 01.01.2007 р.); Гідрохімічний моніторинг поверхневих та підземних вод на територіях Ігнатівського та Новомиколаївського родовищ і ПНН в с. Руденківка. Оцінка впливу розробки Ігнатівського та Новомиколаївського родовищ на водні екосистеми каскаду ставків Соколовобалківської сільради (договір № 01/01-08 від 31.01.2008 р.); Розширення мережі гідрохімічного моніторингу поверхневих та підземних вод в зоні діяльності СП ПГНК (Мовчанівське родовище) (договір № 02/01-08 від 31.01.2008 р.); Гідрохімічний моніторинг поверхневих та підземних вод на території Ігнатівського, Мовчанівського та Новомиколаївського родовищ і ПНН в с. Руденківка. Оцінка впливу розробки Ігнатівського та Новомиколаївського родовищ на водні екосистеми каскаду ставків Соколовобалківської сільради (договір № 01/01-09 від 19.01.2009 р., договір № 03-2010 від 25.01.2010 р.); Гідрохімічний моніторинг поверхневих та підземних вод на території діяльності СП ПГНК (Ігнатівське, Мовчанівське, Новомиколаївське, Руденківське родовища, ПНН в с. Руденківка, Єлизаветівська та Заплавська площі). Оцінка впливу розробки Ігнатівського та Новомиколаївського родовищ на водні екосистеми каскаду ставків Соколовобалківської сільради (договори № 09/2010-2011 від 05.10.2010 р., № 04-2013 від 21.01.2013 р., № 04/02-2014 від 04.02.2014 р., № 15/12-2014 від 15.12.2014 р., № 04/02-2014 від 04.02.2016 р., № 10/01-2017 від 20.12.2016 р.); Гідрохімічний моніторинг поверхневих та підземних вод на території діяльності СП ПГНК (Ігнатівське, Мовчанівське, Новомиколаївське, Руденківське, Єлизаветівське родовища, ПНН в с. Руденківка і Заплавська площа) (договір № 16/01-2018 від 16.01.2018 р.);



- Розробка та впровадження проекту гідрохімічного моніторингу поверхневих та підземних вод на території діяльності ЗАТ «ВК «Укрнафтобуріння» Сахалінського НГКР (договір № 31/05-2012 від 31.05.2012 р.); Гідрохімічний моніторинг поверхневих та підземних вод на території діяльності ЗАТ «ВК «Укрнафтобуріння» Сахалінського НГКР (договір № 01/10-2013 від 01.10.2013 р.);
- Гідрохімічний моніторинг поверхневих та підземних вод на території діяльності Представництва «Регал Петролеум Корпорейшн Лімітед» в межах Свиридівського та Мехедівсько-Голотівщинського родовищ (договори № 15/08-2011 від 04.08.2011 р., № 14-2012 від 14.01.2012 р., № 11/07-2013 від 11.07.2013 р.); Комплексний екологічний моніторинг території діяльності Представництва «Регал Петролеум Корпорейшн Лімітед» (договори № 01-021.15-ПП від 04.02.2015 р., № 1-2016 від 16.03.2016 р., № 241-2017 від 19.01.2017 р.);
- Моніторинг стану підземних вод на території діяльності ТОВ «Сумитеплоенерго» (договори № 04-2009 від 26.02.2009 р., № 01-2010 від 25.01.2010 р.); Відновлення фонду спостережних свердловин для контролю екологічного стану підземних вод на території діяльності ТОВ «Сумитеплоенерго» (договір № 02-2010 від 25.01.2010 р.); Моніторинг стану підземних вод на майданчику ТЕЦ та золовідвали ТОВ «Сумитеплоенерго» (договори № 01-2011 від 03.02.2011 р., № 15-2012 від 16.01.2012 р., № 05-2013 від 20.02.2013 р., № 01-2014 від 05.02.2014 р., № 02/03-2015 від 02.03.2015 р., № 14/02-2017 від 14.02.2017 р.);
- Розробка проекту комплексного екологічного моніторингу Васищівського нафтогазоконденсатного родовища (договір № 05-2010 від 18.02.2010 р.); Буріння спостережних свердловин та проведення комплексних екологічних зйомок на території Васищівського нафтогазоконденсатного родовища (договір № 05/01-2011 від 05.01.2011 р.); Комплексний екологічний моніторинг території діяльності ТОВ „Пром-Енерго Продукт” в межах Васищівського газоконденсатного родовища (договори № 09-2012 від 16.02.2012 р., № 02-2014 від 10.04.2014 р., № 02-2015 від 02.02.2015 р., № 02/02-2016 від 08.02.2016 р., № 02/02-2017 від 01.02.2017 р., № 26/06-2018 від 26.06.2018 р.);
- Гідрохімічний моніторинг поверхневих та підземних вод на території діяльності ПрАТ «Укргазвидобуток» в межах Островецького родовища (договір № 11/07-2011 від 04.07.2011 р.); Комплексний екологічний моніторинг території діяльності ПрАТ «Укргазвидобуток» в межах Островецького родовища (договори № 05-2012 від 15.05.2012 р., № 21/05-2013 від 21.05.2013 р., № 03-2014 від 08.04.2014 р., № 03-2015 від 02.02.2015 р., № 03/02-2016 від 03.02.2016 р., № 01/02-2017 від 01.02.2017 р.).

Директор



Д. Г. Мохов

## ДОДАТОК И

### Впровадження результатів досліджень у навчальний процес

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор  
Харківського національного університету  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
\_\_\_\_\_ Сталінська І. В.

« 05 » \_\_\_\_\_ 2018 р.



**АКТ**  
**впровадження у навчальний процес**  
**результатів дисертаційного дослідження**  
**старшого викладача кафедри інженерної екології міст**  
**Дядіна Дмитра Володимировича**

Комісія у складі:

Стольберга Ф. В., голова комісії, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри;  
Полив'янука А. П., член комісії, д-р техн. наук, професор;  
Сталінської І. В., член комісії, канд. техн. наук, доцент,

на основі детального аналізу встановила, що результати наукових дисертаційних досліджень старшого викладача кафедри інженерної екології міст Дядіна Дмитра Володимировича використовуються в навчальному процесі підготовки здобувачів освітньо-кваліфікаційних ступенів «бакалавр» і «магістр» за спеціальностями 101 – Екологія, 183 – Технології захисту навколишнього середовища на кафедрі інженерної екології міст, 185 – Нафтогазова інженерія та технології на кафедрі експлуатації теплових і газових систем Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова, а саме:

- методика проведення екологічного моніторингу на територіях нафтогазовидобувної діяльності у складі лекційного матеріалу та практичних завдань дисциплін «Екологічна геологія», «Технології захисту геологічного середовища» для студентів денної і заочної форм навчання спеціальностей 101 – Екологія, 183 – Технології захисту навколишнього середовища;
- фактори впливу та методологія оцінки впливу на довкілля нафтогазовидобувної діяльності у складі лекційного матеріалу та практичних завдань дисципліни «Основи екології в нафтогазовій галузі» для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 185 – Нафтогазова інженерія та технології;
- способи ГІС-моделювання водозбірних площ для визначення місць розташування пунктів екологічного моніторингу природних вод у складі практичних робіт з дисципліни «Геопросторовий аналіз екологічної безпеки» для студентів магістратури денної і заочної форм навчання спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища.

Впровадження результатів наукових досліджень Дядіна Д. В. дозволило підвищити ефективність навчального процесу за рахунок вивчення студентами нових методів формування систем екологічного моніторингу, оцінки впливу на довкілля та застосування ГІС-технологій у сфері екологічної безпеки.

Голова комісії  
Члени комісії:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ф.В. Стольберг  
А.П. Полив'янука  
І.В. Сталінська