

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ШАРІКОВ СЕРГІЙ ІГОРОВИЧ

УДК 556.314:[550.42:546.296:553.7(477)](043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

**ТРАНСФОРМАЦІЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ РАДОНОВИХ ВОД В
МЕЖАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ ОБЛАСТІ
УКРАЇНСЬКОГО БАСЕЙНУ ТРИЩИНИХ ВОД**

Спеціальність 103 - Науки про Землю
Галузь знань 10 - Природничі
науки

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело _С. І. Шаріков

Науковий керівник: Чомко Дмитро Федорович, завідувач кафедри
гідрогеології та інженерної геології, кандидат геологічних наук

КИЇВ – 2025

АНОТАЦІЯ

Шаріков С.І. Трансформація хімічного складу радонових вод в межах Північно-Західної частини гідрогеологічної області Українського басейну тріщинних вод – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань.

10 – Природничі науки за спеціальністю 103 - Науки про Землю (геологічні науки). – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Міністерство освіти і науки України. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Міністерство освіти і науки України. – Київ, 2025.

Актуальність теми дослідження пов'язана із декількома аспектами. По-перше, повний, детальний та системний аналіз розвіданих родовищ мінеральних радонових вод в межах Північно-Західної гідрогеологічної області Українського басейну тріщинних вод проводиться вперше. В межах виділеної області досліджень проводились періодичні геолого-економічні оцінки експлуатаційних запасів радонових вод на різних стадіях вивчення, але їх узагальнення - проводиться вперше. По-друге, аналіз якісного складу родовищ мінеральних підземних вод, оконтурення як існуючих, так і потенційних ореолів поширення родовищ мінеральних радонових вод з різними кондиційними властивостями. По-третє, може стимулювати до вивчення нових бальнеологічних властивостей мінеральних радонових вод. Додатково, дане дослідження може вплинути на вдосконалення нормативно-правової бази, в частині стандартизації та поділу бальнеологічних властивостей підземних вод окремо для внутрішнього та зовнішнього застосування.

В період збройної агресії російської федерації проти нашої країни може поставати питання, щодо збільшення кількості реабілітаційних центрів відновлення як військових так і цивільних. Одним з таких видів реабілітації можуть стати санаторно-курортні комплекси на базі мінеральних радонових вод.

Північно-Західна частина Українського басейну тріщинуватих вод характеризується складною геологічною та гідрогеологічною будовою та значним потенціалом у розвитку мінерально-ресурсної бази в частині радонових вод. Проте

вивчення можливих змін у якісному складі, аналіз можливості розширення ресурсного потенціалу регіону дослідження родовищ мінеральних радонових вод не проводиться на достатньому рівні.

Метою даної роботи є визначення якісних закономірностей розповсюдження бальнеологічно значущих ділянок потенційної розвідки майбутніх родовищ на основі системного і якісного аналізу фондових і фактичних матеріалів, інтерпретація результатів у відповідності до діючих стандартів в Україні.

Завданням дослідження було систематизація існуючої гідрогеологічної будови та гідрохімічних досліджень, чітке встановлення ресурсного потенціалу радонових вод районів дослідження.

В роботі застосовувались методи статистичного та графічного аналізу при інтерпретації результатів досліджень. Проведений комплексний аналіз даних, що відображають коливання вмісту радону, дозволив здійснити типологізацію мінеральних радонових вод, а також ідентифікувати ключові фактори, що контролюють їх формування. Зокрема, було встановлено визначальний водоносний горизонт та розглянуто ймовірність прояву радіолізу води в окремих гірничих виробках.

Було проведено аналіз, систематизація та класифікацію запасів мінеральних радонових вод у відповідності до чинного законодавства, а також визначені ділянки за ступенем вивченості згідно стадій геологорозвідувальних досліджень. Для цих досліджень використовувались наступні методи: аналіз існуючої нормативно-правової бази України – детально проаналізовано чинне законодавство України, щодо користування надрами та класифікацій мінеральних вод; картографічний метод – виділення ділянок потенційного довивчення родовищ згідно ступеню їх геологічного вивчення; класифікація та систематизація даних наявної геологічної інформації – обробка, аналіз та упорядкування всіх наявних геологічних даних, щодо геологорозвідувальних робіт родовищ радонових вод; статистичний аналіз – збір, аналіз, обробка та інтерпретація великої кількості інформації про концентрацію радону у воді та факторів, що на неї впливають; гідрогеологічний

моніторинг – системний аналіз фізико-хімічних властивостей радонових вод та вивчення динаміки можливих змін, причини змін.

На локальному та регіональному рівні в роботі досліджувалися *об'єкти* - родовища мінеральних радонових вод, що мають розвідані запаси і підготовлені до промислового освоєння або розробляються. Всього було опрацьовано 22 звіти з пошуків, розвідки та оцінки експлуатаційних запасів мінеральних радонових вод. В тому числі: в межах Житомирської області – 9 звітів (5 родовищ); в межах Вінницької області – 13 звітів (2 родовища, в тому числі 5 ділянок в межах одного родовища). Всі об'єкти розташовані в межах Північно-Західній частині Українського басейну тріщинуватих вод, та локалізовані в Житомирській та Вінницькій областях.

Предметом дослідження для цих об'єктів була якісна та кількісна оцінка параметрів ресурсів і запасів мінеральних радонових підземних вод, а також закономірності часової динаміки зміни хімічного складу підземних вод у межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод.

В роботі приведений системний аналіз ділянок розповсюдження мінеральних радонових вод. Визначені перспективи розширення мінерально-сировинної бази на основі вже розвіданих родовищ. Виділені параметри постійних кондицій в межах розвіданих родовищ у відповідності до чинного законодавства.

Ключові слова: радон, водоносний горизонт, хімічний склад, розвідані запаси, геолого-економічна оцінка, параметри кондицій, моніторинг, підземні води.

ABSTRACT

Sharykov S.I. Transformation of the Chemical Composition of Radon Waters within the North-Western Part of the Hydrogeological Region of the Ukrainian Fractured Water Basin. – Qualification scientific work (manuscript).

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge:

10 – Natural Sciences, specialty 103 – Earth Sciences (Geology). – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ministry of Education and Science of Ukraine. – Kyiv, 2025.

The relevance of the research topic is related to several aspects. Firstly, a complete, detailed and systematic analysis of the explored deposits of mineral radon water within the Northwestern hydrogeological region of the Ukrainian fissure water basin is carried out for the first time. Periodic geological and economic assessments of exploitable reserves of radon water at different stages of study were carried out within the allocated research area, but their generalization is carried out for the first time. Secondly, the analysis of the qualitative composition of mineral groundwater deposits, outlining both existing and potential halos of distribution of mineral radon water deposits with different conditioning properties. Thirdly, it can stimulate the study of new balneological properties of mineral radon water. Additionally, this study may affect the improvement of the regulatory framework in terms of standardization and separation of the balneological properties of groundwater separately for internal and external use.

During the period of armed aggression of the Russian Federation against our country, the issue of increasing the number of rehabilitation centers for both military and civilian rehabilitation may arise. One of these types of rehabilitation could be sanatorium and resort complexes based on mineral radon water.

The northwestern part of the Ukrainian Cracked Water Basin is characterized by a complex geological and hydrogeological structure and significant potential for the development of the mineral resource base in terms of radon water. However, the study of possible changes in the qualitative composition, analysis of the possibility of expanding the resource potential of the region of mineral radon water deposits is not carried out at a sufficient level.

The purpose of this work is to determine the qualitative patterns of distribution of balneologically significant areas of potential exploration of future deposits based on a systematic and qualitative analysis of stock and actual materials, and to interpret the results in accordance with current standards in Ukraine.

The objective of the study was to systematize the existing hydrogeological structure and hydrochemical studies, to clearly define the resource potential of radon waters in the study areas.

The study used statistical and graphical analysis methods to interpret the research results. A comprehensive analysis of the data reflecting fluctuations in radon content made it possible to typify mineral radon waters and identify the key factors controlling their formation. In particular, the determining aquifer was identified and the probability of water radiolysis in certain mine workings was considered.

We analyzed, systematized and classified mineral radon water reserves in accordance with the current legislation, and identified areas by the degree of exploration according to the stages of geological exploration. The following methods were used for these studies: analysis of the existing regulatory framework of Ukraine - a detailed analysis of the current legislation of Ukraine on the use of subsoil and classification of mineral waters; cartographic method - allocation of areas for potential exploration of deposits according to the degree of their geological study; classification and systematization of available geological information - processing, analysis and arrangement of all available geological data on exploration of radon water deposits; statistical analysis - with

At the local and regional level, the study focused on mineral radon water deposits that have proven reserves and are prepared for industrial development or are being developed. A total of 22 reports on prospecting, exploration and assessment of mineral radon water reserves were processed. Including: 9 reports (5 deposits) within Zhytomyr region; 13 reports (2 deposits, including 5 sites within one deposit) within Vinnytsia region. All the facilities are located within the North-Western part of the Ukrainian fractured water basin and are localized in Zhytomyr and Vinnytsia regions.

The subject of the study for these sites was a qualitative and quantitative assessment

of the parameters of mineral radon groundwater resources and reserves, as well as the patterns of temporal dynamics of changes in the chemical composition of groundwater within the Northwestern part of the Ukrainian Fissured Water Basin.

The paper presents a systematic analysis of the areas of distribution of mineral radon water. The prospects for expanding the mineral resource base on the basis of already explored deposits are determined. The parameters of constant conditions within the explored deposits in accordance with the current legislation are highlighted.

Keywords: radon, aquifer, chemical composition, proven reserves, geological and economic assessment, parameters of conditions, monitoring, groundwater.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України: (які входять до переліку МОН України).

1. Шаріков С.І., Чомко Д. Ф. Сучасний стан гідрогеологічного вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Житомирської області України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 2 (105), 2024. С. 99-103. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.105.13>.

2. Шаріков С.І. Методи та стадії розвідки родовищ мінеральних радонових вод. *Мінеральні ресурси України*. 2025. №1. С. 82-86. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.1.82-86>

3. Шаріков С.І., Чомко Д. Ф. Ресурсний потенціал мінеральних радонових вод на прикладі Курортної ділянки в м. Немирів. *Екологічні науки*. 2025.

4. Шаріков С.І., Чомко Д. Ф. Перспективи збільшення ресурсного потенціалу мінеральних радонових вод у Вінницькій області. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 2 (109), 2025. С. 82-87. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.109.11>.

Тези наукових доповідей:

5. Шаріков С.І. Еволюція хімічного складу родовищ мінеральних радонових вод в межах Житомирської та Вінницької областей та порівняння з аналогічними родовищами Європи. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Санаторно-курортне лікування та реабілітація: сучасні тенденції розвитку», 3009-01-10 2021, Одеса, Україна. С. 174-176.

6. Шаріков С.І. Вплив радонових вод на організм людини та гідрогеологічне вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Житомирської області. XIII Всеукраїнська конференція-школа «Сучасні проблеми наук про Землю» Київ, 12-14 квітня 2023 р.

7. Шаріков С.І., Чомко Д.Ф. Вплив радонових вод на організм людини та гідрогеологічне вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Вінницької області. II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Future of Work:

Technological, Generational and Social Shifts» 11-12 травня 2023 року.

8. Шаріков С.І. Сучасне гідрогеологічне вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Вінницької області. XI Міжнародна науково-практична конференція «MODERN PROBLEMS OF SCIENCE, EDUCATION AND SOCIETY», 8-10.01.2024 Київ, Україна.

9. Шаріков С.І., Чомко Д.Ф. Сучасне гідрогеологічне вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Вінницької області. III Международная научно-практическая конференция «PERSPECTIVES OF CONTEMPORARY SCIENCE: THEORY AND PRACTICE», 28-30.04.2024 Львів, Україна.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	17
ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. УМОВИ ФОРМУВАННЯ РАДОНОВИХ ВОД ТА ЧИННИКИ ЇХ ДИНАМІКИ	24
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ПОШИРЕННЯ РАДОНОВИХ ВОД ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	32
2.1. Ділянка Довбишської лікарні мінеральних радонових вод.....	32
2.1.1. Методика проведення робіт в межах Довбишської лікарні	32
2.1.2. Геологічна та гідрогеологічна будова родовища радонових вод в межах села Довбиш	33
2.1.3. Характеристика якості води родовища радонових вод в межах села Довбиш.....	34
2.1.4. Висновки щодо вивчення родовища радонових вод в межах села Довбиш	35
2.2. Корбутівська ділянка Житомирського родовища мінеральних радонових вод.....	37
2.2.1. Методика проведення робіт в межах Корбутівської ділянки	38
2.2.2. Геологічна та гідрогеологічна будова Корбутовської ділянки Житомирського родовища.....	46
2.2.3. Характеристика якості Корбутовської ділянки Житомирського родовища	48
2.2.4. Висновки щодо вивчення радонових вод Корбутовської ділянки Житомирського родовища.....	50
2.3. Санаторій КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся» в районі м. Житомир	53
2.3.1. Методика проведення робіт в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»	53
2.3.2. Геологічна та гідрогеологічна будова в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»	57

2.3.3. Характеристика якості в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся».....	57
2.3.4. Висновки щодо вивчення радонових вод в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»	58
2.4 Санаторій «Лісова Казка» мінеральних радонових вод	61
2.4.1. Методика проведення робіт в межах санаторію «Лісова Казка»	61
2.4.2. Геологічна та гідрогеологічна будова в межах санаторію «Лісова Казка»	64
2.4.3. Характеристика якості в межах санаторію «Лісова Казка»	65
2.4.4. Висновки щодо вивчення радонових вод в межах санаторію «Лісова Казка»	65
2.5. Денишівське родовище мінеральних радонових вод.....	68
2.5.1. Методика проведення робіт Денишівського родовища.....	68
2.5.2. Геологічна та гідрогеологічна будова Денишівського родовища	71
2.5.3. Характеристика якості Денишівського родовища	72
2.5.4. Висновки щодо вивчення радонових вод в межах Денишівського родовища	73
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ПОШИРЕННЯ РАДОНОВИХ ВОД ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	78
3.1. Немирівське родовище радонових вод.....	78
3.1.1. Методика проведення робіт в межах Немирівського родовища	79
3.1.2. Геологічна та гідрогеологічна будова Немирівського родовища	83
3.1.3. Характеристика якості води Немирівського родовища.....	85
3.1.4. Висновки щодо вивчення радонових вод Немирівського родовища	87
3.2. Новохмельницьке родовище мінеральних радонових вод	91
3.2.1. Методика проведення робіт в межах Новохмельницького родовища	92
3.2.2. Характеристика якості води Новохмельницького родовища	96
3.2.3. Висновки щодо вивчення радонових вод Новохмельницького родовища	97
3.3. Пошуки та детальна розвідка на Голодківській та Вугринівській ділянках	

Хмільницького родовища (1973-1982 рр.)	97
3.3.1. Методика проведення робіт Голодківської та Вугринівської ділянок (1973-1982 рр.)	97
3.3.2. Характеристика якості води Голодківської та Вугринівської ділянок (1973-1982 рр.)	101
3.3.3. Висновки щодо вивчення радонових вод Голодківської та Вугринівської ділянок (1973-1982 рр.)	102
3.4. Вугринівська ділянка Хмільницького родовища пошукова стадія та детальна розвідка	103
3.4.1. Методика проведення робіт на Вугринівській ділянці.....	104
3.4.2. Характеристика якості води на Вугринівській ділянці	106
3.4.3. Висновки щодо вивчення радонових вод на Вугринівській ділянці	107
3.5. Острівне родовище (2008, 2017 рр.)	108
3.5.1. Методика проведення робіт на Острівній ділянці.....	109
3.5.2. Геологічна та гідрогеологічна будова Острівного родовища	111
3.5.3. Характеристика якості води Острівного родовища	113
3.5.4. Висновки щодо вивчення радонових вод Острівного родовища	114
3.6. Голодківська та Курортна ділянки Хмільницького родовища (2021 р.)	115
3.6.1. Методика проведення робіт на Голодківській та Курортній ділянках	116
3.6.2. Геологічна та гідрогеологічна будова на Голодківській та Курортній ділянках	117
3.6.3. Характеристика якості води на Голодківській та Курортній ділянках	120
3.6.4. Висновки щодо вивчення радонових вод на Голодківській та Курортній ділянках	121
РОЗДІЛ 4. ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ТА КОЛИВАНЬ ВМІСТУ РАДОНУ У ВОДАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО БАСЕЙНУ ТРІЩИННИХ ВОД.....	126
4.1. Кількісний розподіл родовищ мінеральних радонових вод.....	126
4.2. Трансформація якісного складу мінеральних радонових вод.....	131

ВИСНОВКИ	149
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	151

Таблиці в тексті

Таблиця 2.2.1 – Результати прокачок при детальній розвідці Корбутовської ділянки Житомирського родовища.....	45
Таблиця 2.3.1 – Дослідні роботи попередньої розвідки в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»	54
Таблиця 2.3.2 – Пробурені свердловини детальної розвідки в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся».....	55
Таблиця 4.1 – Результати регресійного аналізу можливого впливу метеорологічних факторів на зміну концентрації радону Денишівського родовища	137

Рисунки в тексті

Рисунок 2.1 – Космознімок розташування родовища радонових вод в межах села Довбиш	36
Рисунок 2.2 – Космознімок розташування Корбутовської ділянки Житомирського родовища мінеральних радонових вод	52
Рисунок 2.3 – Космознімок розташування свердловин в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»	60
Рисунок 2.4 – Космознімок розташування свердловин в межах санаторію «Лісова Казка»	67
Рисунок 2.5 – Космознімок розташування Денишівського родовища.....	75
Рисунок 2.6 – Геологічна карта дочетвертинних утворень. Масштаб 1:200 000. Аркуш М-35-ХVII (Житомир) [10].	76
Рисунок 2.7 – Умовні позначення до геологічної карти дочетвертинних утворень. Аркуш М-35-ХVII (Житомир) [10].	77
Рисунок 3.1 – Космознімок розташування свердловини Немирівського родовища	89
Рисунок 3.2 – Геологічна карта дочетвертинних утворень. Масштаб 1:200 000. Аркуш М-35-ХХIII (Вінниця) [11].	90

Рисунок 3.3 – Умовні позначення до геологічної карти дочетвертинних утворень. Масштаб 1:200 000. Аркуш М-35-XXIII (Вінниця) [11].	91
Рисунок 3.4 – Космознімок розташування родовищ радонових вод м. Хмільник	123
Рисунок 3.5 – Геологічна карта дочетвертинних утворень. Масштаб 1:200 000. Аркуш М-35-XXII (Старокостянтинів) [12].	124
Рисунок 3.6 – Умовні позначення до геологічної карти дочетвертинних утворень. Масштаб 1:200 000. Аркуш М-35-XXII (Старокостянтинів) [12].	125
Рисунок 4.1 – Кількість затверджених запасів в межах Житомирської області...	127
Рисунок 4.2 – Кількість затверджених запасів в межах Вінницької області	129
Рисунок 4.3 – Загальна кількість затверджених запасів Північно-Західної частини Українського басейну тріщинних вод.....	130
Рисунок 4.4 – Коливання вмісту радону по свердловині №1-РК Денишівського родовища (2005-2018 рр.)	134
Рисунок 4.5 – Коливання вмісту радону по свердловині №1-РК Денишівського родовища (1979 р)	135
Рисунок 4.6 – Коливання вмісту радону по свердловині №1-РК Денишівського родовища (2017 р)	135
Рисунок 4.7 – Коливання вмісту радону по свердловині №2-РК Денишівського родовища (1979-1980 рр.)	140
Рисунок 4.8 – Коливання вмісту радону по свердловині №2-РК Денишівського родовища (2005-2016 рр.)	140
Рисунок 4.9 – Коливання вмісту радону по свердловині №7-Р Денишівського родовища (1980 рр.)	143
Рисунок 4.10 – Коливання вмісту радону по свердловині №7-Р Денишівського родовища (2005-2014 рр.)	143

ТЕКСТОВІ ДОДАТКИ

№ додатку	Назва додатку	Стр.
Додаток А	Список опублікованих праць за темою дисертації	156

Додаток Б	Запит до УкрНДІМР та К, щодо проведення досліджень на перевищення вмісту нітратів	158
Додаток В	Відповідь УкрНДІМР та К, щодо проведення досліджень на перевищення вмісту нітратів	159
Додаток Г	Результати групової відкачки детальної розвідки Корбутовської ділянки Житомирського родовища	160
Додаток Д	Зведена таблиця даних по свердловинах на Корбутовській ділянці Житомирського родовища мінеральних радонових вод у відповідності до стадій пошуку, попередньої та детальної розвідки	161
Додаток Е	Результати пробних та групової відкачок детальної розвідки в межах санаторію імені ХХ з'їзду КПСС	163
Додаток Ж	Основні дані дослідних робіт в межах санаторію «Лісова Казка»	164
Додаток К	Дані дослідних робіт попередньої розвідки Немирівського родовища та пошукової стадії Західної ділянки Немирівського родовища	166
Додаток Л	Основних показників по свердловинам району робіт Новохмельницького родовища	167
Додаток М	Основні результати дослідних робіт на пошукових свердловинах Голодківської та Вугринівської ділянок (1973-1982 рр.)	169
Додаток Н	Результати дослідних робіт пошукової стадії (1987-1989 рр.) та детальної розвідки (1992 р.) на Вугринівській ділянці	170
Додаток П	Затверджені запаси радонових вод в межах	171

	Житомирської області	
Додаток Р	Затверджені запаси радонових вод в межах Вінницької області	172
Додаток С	Результати множинного лінійного регресійного аналізу	175

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГЕО	-	Геолого-економічна оцінка
ДКЗ	-	Державна комісія по запасах корисних копалин
ГДК	-	Гранично допустима концентрація
ГРШ	-	Грунтово-рослинний шар
ДКЗ	-	Державна комісія України по запасах корисних копалин
ЗСО	-	Зони санітарної охорони
КМУ	-	Кабінет міністрів України
НТР	-	Науково-технічна рада
рр.	-	Роки
св.	-	свердловина
УТКЗ	-	Українська територіальна комісія по запасах корисних копалин
УЩ	-	Український щит
УкрНДІ МР та К	-	Державне некомерційне підприємство «Український науково-дослідний інститут реабілітації та курортології міністерства охорони здоров'я України»

ВСТУП

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Радон – це є радіоактивний хімічний елемент, який відноситься до категорії інертних газів. Мінеральні радонові води – природний ресурс, який має високу лікувальну значність, що активно використовується в профілактиці різноманітних захворювань. На сьогоднішній момент на території України є багато медичних закладів, які надають фахову та спеціалізовану допомогу з використанням мінеральних радонових підземних вод.

Одне найбільших поширених місць виявлення та використання мінеральних радонових вод є територія Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод. Дана територія характеризується доволі складною геологічною будовою, тектонічними процесами (насамперед розломами), мінливістю гідрогеохімічних умов накопичення та формування підземних вод.

В межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод в різні роки та на різних стадіях геологорозвідувальних робіт проводились дослідження по виявленню ореолів розповсюдження мінеральних радонових вод. Проте системний аналіз та узагальнення наявного матеріалу, щодо трансформації чи можливій зміні якісного складу підземних вод вивчений на сьогоднішній момент недостатньо детально.

Зміни режиму підземних вод під дією сучасних природних чи антропогенних чинників, обумовлюють потребу в детальному аналізі фактично існуючих даних про стан розвідки, ресурсного потенціалу, трансформації хімічного складу радонових вод в межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод.

Актуальність теми дисертаційного дослідження може стимулювати до вдосконалення підходів до моніторингу стану радонових вод, вивчення нових бальнеологічних властивостей (підвищений вміст нітратів), створення бази даних поширення потенційних родовищ мінеральних радонових вод, збільшення ресурсного потенціалу на базі вже розвіданих родовищ та перегляд нормативно-правової бази в частині стандартизації та поділу бальнеологічних властивостей

підземних вод окремо для внутрішнього та зовнішнього застосування.

Виходячи з вищезазначеного, тема дисертаційного дослідження є доволі актуальною і має важливе практичне, наукове та дослідне значення для раціонального використання мінеральних лікувальних радонових підземних вод.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі гідрогеології та інженерної геології ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Тематика дослідження, що приведене в дисертаційному дослідженні відповідає Стратегії розвитку науки в Україні та включена до загальнодержавного науково-технічної програми з раціонального використання надр, дослідження у сфері збільшення мінерально-сировинного потенціалу, вивчення та аналіз водних ресурсів України.

Дана робота може бути віднесена до однієї із складових плану досягнення спільного кращого майбутнього ухваленого членами Організації Об'єднаних Націй у 2015 р. (17 цілей сталого розвитку). Матеріал викладений у статті відноситься до 3 пункту, а саме – Забезпечення здорового способу життя та сприяння благополуччю для всіх у будь-якому віці [1].

Результати виконаної роботи в майбутньому можуть бути використані при створенні бази даних поширення та розповсюдження мінерально-сировинної бази в частині лікувальних радонових підземних вод, у процесах охорони мінеральних радонових вод від виснаження чи забруднення, а також щодо перспектив розвитку мінерально-лікувальних ресурсів України. Наразі така база даних – відсутня.

Метою дослідження. Метою досліджень є аналіз та систематизація якісного складу мінеральних радонових вод у межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод.

В процесі виконання поставленої мети передбачено вирішити наступні завдання:

- Оцінка сучасного стану розвіданих родовищ мінеральних радонових вод на різних стадіях геологічного вивчення надр, перспективи проведення дорозвідки родовищ;

- Кількісна оцінка ресурсного потенціалу мінеральних радонових вод;

- Обґрунтування змін якісного складу радонових вод в часі;
- Інтерпретація та приведення до сучасних нормативно-правових вимог бальнеологічних властивостей лікувального компоненту – радону.
- Перспектива використання мінеральних радонових вод, які мають перевищення концентрації нітратів (>50 мг/дм³) під впливом радіолізу води;
- Створення наукової основи для впровадження можливих змін у нормативно-правові документи стандартизації мінеральних вод для внутрішнього та зовнішнього застосування;
- Виділення ореолів розповсюдження мінеральних радонових вод за класифікаційним поділом: дуже слабкорадонові, слабкорадонові, середньорадонові та високорадонові.

Об'єктами даного дослідження є родовища мінеральних радонових вод в межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод, які локалізовані в межах Житомирської та Вінницької областей.

В процесі виконання досліджень було проаналізовано 22 звіти з пошуків, розвідки та оцінки експлуатаційних запасів мінеральних радонових вод. В тому числі: в межах Житомирської області – 9 звітів (5 родовищ); в межах Вінницької області – 13 звітів (2 родовища, в тому числі 5 ділянок в межах одного родовища). Було визначено природні та антропогенні фактори, які можуть визначати характер та ступінь трансформації хімічного складу підземних вод, умови формування хімічного складу.

Предмет дослідження – якісні та кількісні параметри ресурсів і запасів мінеральних радонових підземних вод, а також закономірності часової динаміки зміни хімічного складу підземних вод у межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод.

Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети було використано комплекс загальнонаукових методів дослідження:

- *Збір, систематизація та аналіз фондів джерел* - для системного аналізу ореолів розповсюдження мінеральних радонових вод у межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод;

- *методи порівняльного аналізу* – для гідрогеологічного і гідрохімічного обґрунтування параметрів постійних кондицій на мінеральні радонові води;
- *методи прогнозування і статистичного аналізу* - для визначення перспектив розширення мінерально-сировинної бази мінеральних радонових вод по регіонам;
- *методи систематизації та класифікації типів мінеральних вод* – для визначення та приведення у відповідність до сучасних національних класифікаційних характеристик мінеральних радонових підземних вод згідно ступеня їх геологічного вивчення.
- *Графічний метод* для візуальної характеристики ступеню освоєння та розвідки мінеральних радонових вод.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше виконано комплексний аналіз результатів пошукових, попередніх та детальних геолого-економічних оцінок мінеральних радонових вод в межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод, що локалізуються на території Житомирської та Вінницької областей.

2. Вперше виконано комплексний аналіз змін якісного складу мінеральних радонових вод в межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод з використанням статистичних та класифікаційних методів.

3. Уточнено типи мінеральних радонових вод на території, що досліджувалась.

4. Оцінено можливість природного походження перевищення вмісту нітратів в процесі експлуатації родовищ мінеральних радонових вод.

5. Запропоновано внесення змін до національного класифікатору, щодо поділу мінеральних підземних вод для внутрішнього та зовнішнього застосування.

Практичне значення отриманих результатів. Практичне значення результатів дослідження пов'язано із наступним:

- За результатами проведених досліджень запропоновано виконати оптимізацію, щодо використання мінеральних радонових вод у лікувальній практиці, а саме систематизація підходів вибору бальнеологічного застосування;

- Систематизовано всі розвідані родовища. Це дозволить виключити стадію «пошуки» та зосередитись на попередній геолого-економічній оцінці вже розвіданих родовищ, які досі не використовуються;
- Результати дослідження можуть бути використані при проектуванні нових санаторно-курортних ділянок;
- За результатами виконаного дослідження можливе створення бази даних ореолів розповсюдження мінеральних радонових вод в межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих;
- Запропоновано здійснити перегляд стандартів, щодо якісних показників мінеральних радонових вод при зовнішньому застосуванні.

Особливе практичне значення мають ореоли розповсюдження різних типів радонових вод від дуже слабкорадонових до середньорадонових, яке спрощує необхідність проведення пошукових стадій оцінки потенційних родовищ і, відповідно, дозволить більше ефективно використовувати кошти потенційних інвесторів в розвиток мінерально-сировинну базу родовищ радонових вод.

Особистий внесок автора. Систематизація та детальний аналіз наявних наукових джерел, щодо трансформації хімічного складу радонових вод межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод виконано вперше.

Опрацювання та систематизація великої кількості фондів матеріалів, які включали в себе результати проведених бурових робіт, дослідних та гідрохімічних досліджень, щодо трансформації хімічного складу радонових вод межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод.

Аналіз отриманих матеріалів, метою яких було встановлення просторових закономірностей можливої зміни хімічного складу радонових вод.

Формування наукових положень, щодо факторів трансформації хімічного складу радонових вод в часі.

Узагальнення матеріалів дослідження, підготовка тексту наукової роботи, табличні та текстові додатки.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень

доповідались на Науково-практичній конференції з міжнародною участю «Санаторно-курортне лікування та реабілітація: сучасні тенденції розвитку», м. Одеса, 2021 р.; XIII Всеукраїнська конференція-школа «Сучасні проблеми наук про Землю» Київ, 2023 р.; II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Future of Work: Technological, Generational and Social Shifts» Київ, 2023 р.; XI Міжнародна науково-практична конференція «MODERN PROBLEMS OF SCIENCE, EDUCATION AND SOCIETY» Київ, 2024 р.; II Международная научно-практическая конференция «PERSPECTIVES OF CONTEMPORARY SCIENCE: THEORY AND PRACTICE» Львів, 2024 р..

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 4 статті в наукових журналах у вітчизняних наукових фахових виданнях (у співавторстві) [2-5]; 5 тез на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 4 розділи, висновків та списку використаних джерел. Обсяг основного тексту дисертації складає 155 сторінок друкованого тексту, що включає 4 таблиці, 23 рисунки, 14 текстових додатків. У переліку літератури 45 найменування. Загальна кількість сторінок – 176.

Подяки. Автор щиро вдячний колективу кафедри гідрогеології та інженерної геології ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка за наукові консультації і підтримку у дослідженнях, надані колегами і співробітниками при виконанні дисертаційної роботи. Додатково хочеться висловити вдячність доктору медичних наук, професору, директору Державного некомерційного підприємства «Український науково-дослідний інститут реабілітації та курортології міністерства охорони здоров'я України» Бабову К.Д. та колективу інституту за надання наукових консультацій в процесі написання наукової роботи.

Окремо автор висловлює подяку науковому керівнику доценту кафедри гідрогеології та інженерної геології, кандидату геологічних наук Чомку Д.Ф. за зауваження і поради в рамках виконання даного дисертаційного дослідження.

РОЗДІЛ 1. УМОВИ ФОРМУВАННЯ РАДОНОВИХ ВОД ТА ЧИННИКИ ЇХ ДИНАМІКИ

Одним з основних специфічних видів мінеральних вод, що розповсюджені на території Українського щита є радонові води. Зустрічаються вони тут доволі часто і зафіксовані у процесі проведення різноманітних геолого-гідрогеологічних досліджень.

Радон – є радіоактивний хімічний елемент, який відноситься до категорії інертних газів, це один з найрідкісніших хімічних елементів на Землі. Як газ, радон не має запаху та смаку, проте має високу розчинність у воді. Хімічний елемент радон був вперше відкритий майже століття тому.

В процесі детального вивчення хімічних властивостей цього елемента, радон почав застосовуватись в медичній практиці для лікування цілого ряду захворювань. На сьогоднішній момент найпоширенішим методом застосування радонових вод – є лікування за допомогою радонових ванн. Радон має здатність прискорювати обмін речовин, швидко відновлювати пошкодження в організмі, нівелювати запальні процеси, покращувати стан шкіряного покриву.

При наявності різноманітних геологічних та гідрогеологічних характеристик поширення родовищ мінеральних радонових вод, все ж таки має місце декілька загальних ознак їх розташування.

Аналізуючи гідрогеологічні карти розповсюдження родовищ мінеральних радонових вод в межах Північно-Західної гідрогеологічної області Українського басейну можна прийти до висновку про їх найтісніший зв'язок із тектонічними елементами Житомирщини та Вінничини, головним чином – із зонами розривних порушень.

Так, Хмельницьке родовище знаходиться в межах Верхньобузької зони розломів, розвідані родовища Житомирщини – пов'язані із Тетерівським розломом, Немирівське родовище - перетин Муховецько-Монастирецького та Ладизжин-Брацлавського розломів.

В процесі детальних геологорозвідувальних досліджень на зазначеній території на різних стадіях вивчення було встановлено, що радонові води відомі

майже у всіх стратиграфічних і генетичних групах кристалічних утворень від архею до верхнього протерозою, але основна маса проявів і родовищ все ж таки приурочена до нижньопротерозойських порід.

Підземні води із високою концентрацією радону приурочені, головним чином, до кори вивітрювання та неглибоких тектонічних тріщин у кислих магматичних породах. Так, в межах Північно-Західної гідрогеологічної області Українського басейну тріщинних вод за результатами дослідних гідрогеологічних досліджень було встановлено, що зона активної тріщинуватості порід поширена (в залежності від району досліджень) до глибини 100-120 м, де розкриті дуже слабкорадонові та слабкорадонові води.

Виходячи із вищезазначеного та спираючись на досвід геологорозвідувальних робіт, який почався на зазначеній території із середини ХХ століття, при розвідці нових родовищ, які будуть пов'язані із радоновими водами слід приділяти особливу увагу тектонічно ослабленим ділянкам в межах зон розривних порушень.

Підвищену концентрацію радонових вод часто пов'язуються із сейсмічною активністю того чи іншого регіону. Зважаючи на той факт, що радон може слугувати індикатором тектонічних процесів – це твердження є небезпідставним. То ж важливою складовою розвідки родовищ мінеральних радонових вод є геофізичні площинні дослідження та дослідження в стовбурах свердловин. Окрім визначення розташування розвідувальних свердловин на радонові води, дані дослідження можуть надати чіткі поняття про інтенсивність тріщинуватості, радіоактивність порід, інтервали водопритливів та їх фактичні можливі дебіти.

У відповідності до [6] в межах району дослідження не спостерігалось за останні 45 років сейсмічної активності, тобто формування вже розвіданих родовищ мінеральних радонових вод має давню геологічну історію.

Ще одним фактором розповсюдження радонових вод може слугувати промислові рудопрояви радіоактивних елементів. Як відзначає Шестопапов В. [7], джерелом радону у природному його стані є довгоживучий елемент розпаду

U-238-Ra-226, то ж родовища мінеральних радонових вод генетично пов'язані із рудопроявами або аномальними скупченнями урану (радію).

Радонові води утворюються в процесі фільтрації маси підземних вод через шари гірських порід, де підвищена концентрація природних радіонуклідів пов'язаних із ланцюгом розпаду торію та урану. Як правило – це кристалічні породи, які набули суцільного поширення в межах Північно-Західної гідрогеологічної області Українського басейну тріщинних вод.

Проте в межах Північно-Західної гідрогеологічної області Українського басейну тріщинних вод, а саме родовищ розвіданих на різних стадіях геологічного вивчення відсутні промислові рудопрояви радіоактивних елементів.

Відповідно до свого генезису, ореоли розповсюдження мінеральних радонових вод, у більшості випадків, за походженням є інфільтраційними, які були сформовані в породах із підвищеним вмістом радіоактивних елементів, які розвинулись в зонах розривних порушень (розломів).

У підземних водах радон, зазвичай, знаходиться в породах, які в геологічному процесі зазнали певних фізико-хімічних змін. Дані утворення приурочені до зон активного водообміну та зон вивітрювання гірських порід, де, як раз, і накопичується уран та радій. Ці елементи найбільше концентруються в новоутвореннях гідроокису заліза, що накопичуються на стінках тріщин та в корі вивітрювання. Підвищений вміст заліза дуже характерний для вод усіх свердловин, що розкрили радонові води.

Характерними факторами, щодо збагачення підземних вод радоном може бути наступне:

- хімічний склад підземних вод;
- петрографічний склад порід в зоні вивітрювання та самих кристалічних порід (підвищений вміст радіоактивних елементів);
- геологічні структури, що розкриті в межах території, яка досліджується характеризуються розвитком зон інтенсивного водообміну, де в породах із достатнім вмістом радіоактивних елементів може відбуватись накопичення

радону. Уран і радій, що містяться у тріщинуватих породах та вивітреній зоні кристалічних порід мають другорядне значення.

Великий вплив на міграцію радону у підземних водах відіграють гідродинамічні умови району робіт. Райони робіт, де переважають великі швидкості руху підземних вод, дальність міграційних процесів радону більша, ніж в районах утрудненої циркуляції, це, зазвичай, розкриті структури.

Ось чому, під час проведення дослідно-фільтраційних робіт важливим фактором є визначення дійсного дебіту експлуатаційної свердловини, при якому концентрація радону у воді буде бальнеологічно значимою (відповідно до чинного законодавства ≥ 185 Бк/дм³).

Відкачки для детального визначення концентрації радону у свердловині доцільно проводити на декілька ступенів зниження із поступовою зміною дебіту свердловини.

Водовмісні породи найчастіше є емануючими колекторами, які виникли внаслідок гідротермальної діяльності, інтенсивного прояву термометаморфізму, а також пізніх процесів екзогенного мінералоутворення в зоні гіпергенезу при безпосередній участі підземних вод.

Еманация – процес міграції радону з порід у капіляри, заповнені водою або повітрям. Ця міграція відбувається шляхом дифузії і залежить від хімічного складу води. Емануюча здатність гірських порід визначає кількість радону, що виділяється в 1 г породи за час, якого достатньо для встановлення радіоактивної рівноваги.

Здатність до еманации залежить від багатьох факторів та фізичних властивостей гірських порід, таких як: тиск, температура, ступінь роздробленості порід, вологість. Емануюча здатність порід із збільшенням їх роздробленості збільшується.

В результаті проведених наукових досліджень було встановлено [8, 9], що підвищення температури порід призводить до збільшення еманування радону із мінералів, так як цей процес сприяє активному вилуговуванню радону із кристалічних порід.

Вологі породи мають більшу емануючу здатність, це пов'язано з тим, що вода сприяє більш швидкому переносу радонових вод із мінералів на поверхню (по стовбуру свердловин).

Підвищений тиск навпаки зменшує процес еманування, так як ускладнює вивільнення радону в поровий простір.

Найбільшу емануючу здатність при ідентичних умовах і при однаковій ступені дроблення порід мають кислі магматичні породи. Прикладами порід можуть слугувати граніт-пегматити, найменшу ж емануючу здатність мають кварцові порфіри.

Загалом, умови формування радонових вод визначаються складними комплексами наступних чинників:

- гідрогеологічні умови формування;
- геолого-структурні особливості району робіт;
- літолого-петрографічний склад водовміщуючих порід;
- радіогідрохімічні чинники
- тектоніка району робіт.

Гідрогеологічні, геолого-структурні та тектонічні умови відіграють значну роль у формуванні ресурсів мінеральних радонових вод.

Радон, за своїм походженням, зобов'язаний наступним водовміщуючим породам:

- 1) з середнім (або кларковим) вмістом радіоактивних елементів;
- 2) з підвищеним розсіяним вмістом радіоактивних елементів;
- 3) з вторинними концентраціями радону (емануючі колектори);
- 4) із рудними концентраціями радіоактивних елементів.

Більшість радонових вод України чітко контролюється давніми розломами, нерідко оновленими неотектонікою. Найчастіше у районах великих тектонічних структур утворюються різноманітні скупчення надкларкової мінералізації радіоактивних елементів, які визначають і радіоактивність підземних вод.

Формування радону відбувається у зоні вивітрювання кристалічних порід

та активного водообміну.

У відповідності до Державного геологічного районування України, території розвіданих родовищ мінеральних радонових вод в межах Північно-Західної гідрогеологічної області Українського басейну відносяться до аркушів М-35-ХVII (Житомир), М-35-ХХIII (Вінниця), М-35-ХХII (Старокостянтинів) [10-12].

У геоструктурному район досліджень відноситься до Північно-Західної частини та західного схилу Українського щита. Дані регіони характеризуються неглибоким заляганням кристалічних порід, що є сприятливим для формування радонових вод.

В її будові приймають участь четвертинні відклади та дочетвертинні утворення, а саме кайнозойські, мезозойські, протерозойські, архейські.

Відкладами кайнозою та мезозою складаються, в основному, з осадового чохла, який на більшості території району робіт перекриває утворення кристалічного фундаменту. Протерозойські та архейські утворення кристалічного фундаменту належать до двох структурних ярусів, складнодислокованих та еродованих.

У гідрогеологічному відношенні в межах розвіданих родовищ загалом можна виділити два основні водоносні горизонти:

- водоносний горизонт четвертинних відкладів;
- водоносний горизонт тріщинуватості кристалічних порід фундаменту та кори їх вивітрювання.

Радон, у вигляді радіоактивного газу, має доволі швидкий період напіврозпаду, який складає 3,825 діб. Зважаючи на цю обставину, свердловини, що розкривають мінеральні радонові води мають бути розташовані на відносно невеликій відстані від кінцевого водоспоживача. Виконувати будь-який запас мінеральних радонових вод в резервуарах неможливо більше 3 діб.

Зважаючи на цей факт, за умовами накопичення мінеральні радонові води мають формуватися в межах триденної зони фільтрації від свердловини.

Збагачення радіоактивними елементами в межах Північно-Західної

гідрогеологічної області Українського басейну обумовлено наступними факторами:

1. Значний ступінь розкритості геологічних структур характеризується розвитком зони та інтенсивного водообміну. В зоні інтенсивного водообміну; порода з достатнім вмістом радіоактивних елементів може відбуватися накопичення радону.

2. Живлення водоносного горизонту тріщини вод відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Значна кількість атмосферних опадів сприяє вилуговування з порід радіоактивних елементів.

3. Перехід радіоактивних елементів у розчин тісно пов'язаний із хімічним складом підземних вод. Найбільш сприятливим типом для розчинності радіоактивних елементів, що містяться в мінералах, є гідрокарбонатні натрієві води, саме ті типи вод, які поширені в межах розвіданих родовищ.

Радикальна зміна хімічного складу в межах Північно-Західної гідрогеологічної області Українського басейну може статися лише за різкої зміни навколишніх умов, що практично неможливо. Крім того, води гідрокарбонатні магнієві кальцієві з малою мінералізацією є дуже постійні і не змінюють свій хімічний склад, за рідкісним винятком.

Підвищений вміст мінералізації в підземних водах для Українського кристалічного басейну є дуже рідкісним винятком і зазвичай виявляється в ізольованих блоках, обмежених лініями розлому і застійним режимом у вод.

Наразі в Україні налічується велика кількість медичних закладів, які надають спеціалізовану фахову медичну і реабілітаційну допомогу з використанням мінеральних радонових вод, в тому числі і в межах Північно-Західної гідрогеологічної області Українського басейну тріщинних вод, що локалізована в межах Житомирської та Вінницької областей.

Одним із найвідоміших є місто-курорт Хмільник. Законом України від 12 травня 2011 р. №3318-VI «Про оголошення природних територій міста Хмільника Вінницької області курортом державного значення» було визначено:

1. Оголошені природні території міста Хмільника Вінницької області

курортом державного значення - курортом Хмільник.

2. Затверджені межі округу і зон санітарної охорони курорту Хмільник.

Ситуаційний план меж округу та зон санітарної охорони курорту Хмільник зазначені на ситуаційному плані, що є додатком до цього закону.

Відповідно до цього закону Постановою КМУ від 8 лютого 2012 р. №63 встановлений режим округу і зон санітарної охорони курорту Хмільник, де, насамперед, зазначені ЗСО I поясу усіх експлуатаційних свердловин міста курорту Хмільник, режим II та III зон санітарної охорони (зони обмежень).

В межах Вінницької та Житомирської областей в радянські часи проводилися роботи по пошуку та оцінці родовищ мінеральних радонових вод. Детальний аналіз всіх цих родовищ потребує більш глибокого вивчення та систематизації.

Нижче приводимо детальну геологічну, гідрогеологічну та гідрохімічну характеристику всіх розвіданих на різних стадіях геологорозвідувальних дослідження родовищ мінеральних радонових вод в межах Північно-Західної гідрогеологічної області Українського басейну тріщинних вод.

РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ПОШИРЕННЯ РАДОНОВИХ ВОД ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Перші пошукові геологорозвідувальні роботи на мінеральні радонові води в межах Житомирської області почалися в другій половині ХХ століття. Загалом було розвідано та оцінено на різних стадіях геологорозвідувальних робіт 5-ть родовищ з ресурсним потенціалом. Нижче приводимо детальну характеристику розвідувальних робіт.

2.1. Ділянка Довбишської лікарні мінеральних радонових вод

Основні дані з пошукових досліджень наведені в роботі Дечев В.Н. «Отчет о комплексном исследовании минеральной воды скважины №229 Довбышской больницы Житомирской обл. УССР. (Дзержинский р-н Житомирской обл.)» 1972 р. Дана ділянка мінеральних радонових вод була розвідана у 1972 р. [13].

У звіті приводяться дані про комплексні гідрогеологічні та гідрохімічні дослідження мінеральних радонових підземних вод свердловини №229 Довбишської лікарні. Роботи проведені в у 1970 р.

В адміністративному відношенні с. Довбиш розташоване в південно-західній частині Житомирської області. Район с. Довбуш відноситься до Волинського Полісся, що представляє собою слабку хвилясту рівнину поступово знижуючись до півночі.

2.1.1. Методика проведення робіт в межах Довбишської лікарні

Під час проведення геологорозвідувальних робіт були виконані базові роботи, які включали в себе: дослідно-фільтраційні роботи, гідрохімічні дослідження на різні компоненти, режимні спостереження та камеральна обробка дослідних робіт.

Нажаль, у звіті не приводяться дані, щодо тривалості дослідно-фільтраційних робіт. Дані роботи підпадають під стадію пошукових робіт, які мають на меті в майбутньому бути більш деталізованими.

2.1.2. Геологічна та гідрогеологічна будова родовища радонових вод в межах села Довбиш

В геологічній будові території приймають участь докембрійські, палеозойські, палеогенові та четвертинні відклади. Характерним є неглибоке залягання кристалічних порід, що перекриті товщою осадових порід четвертинного, неогенового та палеогенового віків.

Поверхня кристалічних порід відмічається складною ерозією. Верхня частина їх зазвичай тріщинувата. В межах Довбишської лікарні усереднений геологічний розріз має наступний вигляд:

Четвертинні відклади (Q)	- представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ) та суглинками, що залягають в інтервалах 0,0-4,0 м (потужність до 4,0 м);
Палеогенові відклади (N _{1s})	- представлені глиною щільно в інтервалах 4,0-17,0 м (потужність 13,0 м) та каолінами, які залягають в інтервалах 17,0-21,0 (потужність 4,0 м);
Палеозойські відклади (MZ-KZ)	- представлені корою вивітрювання кристалічних порід, залягають в інтервалах 21,0-31,0 м (потужність 10,0 м);
Докембрійські відклади (AR-PR ₁)	- представлені гранітами сірими, тріщинуватими, залягають в інтервалах 31,0-95,0 м (потужність 64,0 м);

В межах родовища, у відповідності до геологічної будови та геоморфологічних особливостей виділяють наступні водоносні горизонти:

- водоносний горизонт у сучасних четвертинних відкладах;
- водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід та кори їх вивітрювання.

У гідрогеологічному відношенні вся територія району, що досліджується знаходиться в складних умовах. Кристалічні породи до яких приурочені радонові води свердловини №229 розвинуті майже повсюдно, за виключенням річкових долин та балок.

Зверху вони перекриті піщано-глинистими породами. Невелика тріщинуватість, а відповідно і водозбагаченість, прослідковується в зонах

тектонічних порушень.

У зв'язку з нерівномірною тріщинуватістю водозбагаченість гранітів носить спорадичний характер. У зв'язку із зменшенням тріщинуватості з глибиною, водозбагаченість гранітів простежується в основному до 60-100 м. Кристалічні породи перекриті продуктами їх вивітрювання, а саме жорствою та каоліном потужністю біля 10 м.

Водоносний горизонт був розкритий на глибинах 31-95 м. Водозбагаченість порід пов'язана з наявністю зон тріщинуватості порід та носить нерівномірний характер. В покрівлі водоносного горизонту над корою вивітрювання потужністю 10 м лежать сарматські глини і каолін потужністю 17 м, що є водотривом.

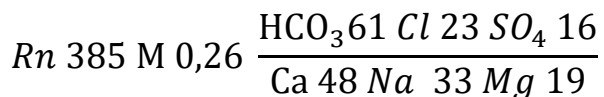
Глибина свердловини №229 становить 95 м. Статичний рівень встановлений на 4,9 м, так що напір становить 29 м. Під час обстеження свердловина давала дебіт 7,2 м³/год або 173 м³/д, конструкція свердловини не дозволила заміряти величину зниження рівня.

Живлення водоносного горизонту в кристалічних породах відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів на ділянках неглибокого їх залягання під водонепроникними породами і в місцях розкриття ерозійної сітки. Додаткове живлення може відбуватися шляхом перетікання з вищезалягаючих водоносних горизонтів.

2.1.3. Характеристика якості води родовища радонових вод в межах села Довбиш

За співвідношенням основних компонентів підземні води свердловини №229 є маломінералізованими (до 0,26 г/дм³), хлоридні гідрокарбонатні натрієві кальцієві. В ній присутні невеликих кількостях мікроелементи - залізо, марганець, мідь, бром, йод, фтор та інші. Вода із свердловини без запаху, прозора, безбарвна, прісна, із слабким залізистим присмаком, температура 9°С.

Вміст радону коливається в межах 192-1470 Бк/дм³. Мінеральні радонові води із свердловини №229 відповідають наступній формулі:



2.1.4. Висновки щодо вивчення родовища радонових вод в межах села Довбиш

За результатами виконаних геологорозвідувальних робіт з попередньої оцінки запасів ділянки Довбишської лікарні у Звягельському районі Житомирської області було встановлено:

- в межах ділянки розташована лише одна свердловина №229 по якій попередньо визначені параметри кондицій, але їх підтвердження у відповідності до існуючих стандартів потребую уточнення за умови детальної розвідки ділянки. Такий великий діапазон коливання вмісту радону пояснюється тим, що під час проведення пошукових робіт не були проведені довготривалі відкачки.

- попередньо оцінені запаси Довбишської лікарні по свердловині №229 були затверджені протоколом науково-технічної ради (НТР) за категорією С₁ в кількості 173 м³/д із середньою концентрацією радону 192-1470 Бк/дм³.

- у відповідності до чинного законодавства [14, 15] мінеральні радонові води Довбишської лікарні за вмістом лікувального компонента радону (192-1470 Бк/дм³) відносяться до дуже слабкорадонових або слабкорадонових.



Рисунок 2.1 – Космознімок розташування родовища радонових вод в межах села Довбиш

2.2. Корбутівська ділянка Житомирського родовища мінеральних радонових вод

В даному розділі приводиться детальний аналіз звітів про пошуки, попередню та детальну розвідку Корбутівської ділянки Житомирського родовища мінеральних радонових вод.

Основні дані з пошукових досліджень наведені в роботі Левченко А. С., Сморгчов Л. А. «Отчет о результатах поисков минеральных радоновых вод в районе г. Житомира в 1973-1975 гг. (Житомирский р-н Житомирской обл. УССР)» [16].

Основні дані з детальні дослідження наведені в роботі Гаркуша А. П. «Отчет по результатам предварительной и детальной разведки минеральных радоновых вод в районе города Житомир, Житомирской области УССР за 1976-78 г.г» (експлуатаційні запаси мінеральних вод підраховані станом на 01.11.1978 р.) [17].

Розвідка мінеральних радонових вод в районі м. Житомир виконувалась в два етапи: 1 етап – пошукові роботи в 1973-1975 рр.; 2 етап – попередня та детальна розвідки у 1976-1978 рр.

За результатами пошукових робіт у 1973-1975 рр. було виявлено 4-и перспективних площі розвідки мінеральних радонових вод. Найбільш перспективною виявилась Корбутівська ділянка Житомирського родовища, де виявлені запаси мінеральних радонових вод з концентрацією радону не менше 370 Бк/дм³.

У 1975-1977 рр. на Корбутовській ділянці виконана попередня розвідка, а в 1977-1978 рр. - детальна розвідка мінеральних радонових вод.

Територія розвідувальних робіт на мінеральні радонові води в адміністративному відношенні знаходиться наразі в межах м. Житомир та його околиці і розташована в межиріччі Тетерів-Кам'янка-Лісова. Західна частина ділянки обмежується основною лінією, що проходить через села Тетерів-Барашівку.

2.2.1. Методика проведення робіт в межах Корбутівської ділянки

У даному розділі приведені результати попередньої та детальної розвідки.

Бурові роботи попередньої розвідки в межах Корбутівської ділянки.

Одним із основних завдань попередньої розвідки було оконтурювання ділянок майбутньої розвідки. Для її вирішення була розбурена мережа свердловин, розміщених порівняно рівномірно за площею родовища, які характеризуються складними геолого-структурними особливостями та різкою мінливістю водопровідності водовмісних порід як за площею, так і в розрізі.

Під час проектування розвідувальних свердловин, враховувалися рекомендації геофізичних досліджень. Становище крайніх свердловин визначалося можливими розмірами депресійної лійки, яка може сформуватися внаслідок дослідно-експлуатаційних відкачок.

Всього на стадії попередньої розвідки пробурено 10 розвідувальних свердловин середньою глибиною 100 м.

Аналіз даних, отриманих в результаті інтервального випробування свердловин на радон, дозволив встановити, що в деяких свердловинах не спостерігалось різкого зменшення концентрації радону з глибиною. Тому, з метою вивчення зміни концентрації радону на глибину було прийнято рішення про добурювання раніше пробурених пошукових свердловин №№283, 284, 344 і 345 до глибини 100 метрів, а свердловину №341, яка розташована в центрі родовища та має максимальну концентрацію радону під час дослідних робіт, до глибини 130-140 м.

В процесі проходки кожної свердловини систематично велися спостереження за рівнем. Крім цього відбувалось інтервальне желонування свердловин, з метою визначення їх водозбагаченості в міру збільшення глибини свердловин, а також зміни концентрації радону в підземних водах. Під час випробування із різних інтервалів відбиралися проби води на радон.

Дослідні роботи попередньої розвідки

Дослідні роботи в процесі попередньої розвідки родовища полягали у проведенні пробних, дослідних та дослідно-експлуатаційних відкачок.

Пробні відкачки проводилися у всіх пошукових, розвідувальних та розвідувально-експлуатаційних свердловинах, з метою визначення їх максимальної водозбагаченості.

В свердловині №434, яка мала кінцеву глибину 114,2 м желонування проводилась протягом 14 годин. При загальному дебіті відкачки $26 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,3 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 17,8 м, питомий дебіт – $0,017 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини 45,0 м, середня концентрація радону становила $140,6 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №435, яка мала кінцеву глибину 91,1 м желонування проводилось протягом 5 годин. При загальному дебіті відкачки $6,7 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,078 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 10,0 м, питомий дебіт – $0,007 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибин 45,0-46,0 м, середня концентрація радону становила $300 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №436, яка мала кінцеву глибину 114 м желонування проводилось протягом 13 годин. При загальному дебіті відкачки $59 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,68 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 25,0 м, питомий дебіт – $0,027 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини 45,0 м, середня концентрація радону становила $496 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №437, яка мала проміжну глибину 71,4 м желонування проводилось протягом 8 годин, при поглибленні до 99,5 м проводилось протягом 5 годин. При загальному дебіті відкачки $53,6 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,62 \text{ дм}^3/\text{с}$) та $15,6 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,18 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 26,5 м та 18,7 м відповідно, питомі дебіти – $0,023$ та $0,01 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибин 45,0 м та 50,0 м, середня концентрація радону становила 925 та $488 \text{ Бк}/\text{дм}^3$ відповідно.

В свердловині №438, яка мала кінцеву глибину 106 м желонування проводилось протягом 8 годин. При загальному дебіті відкачки $39 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,45 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 8,3 м, питомий дебіт – $0,055 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини 20,0 м, середня концентрація радону становила $1561 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №439, яка мала кінцеву глибину 104 м желонування проводилось протягом 8 годин. Свердловина виявилась сухою.

В свердловині №443, яка мала кінцеву глибину 102,4 м желонування проводилось протягом 8 годин. При загальному дебіті відкачки $43,2 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,5 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 7,4 м, питомий дебіт – $0,066 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини 15,0 м, середня концентрація радону становила $115 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №444, яка мала кінцеву глибину 104 м желонування проводилось протягом 5 годин. При загальному дебіті відкачки $70,8 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,82 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 13,9 м, питомий дебіт – $0,059 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини 14,0 м, середня концентрація радону становила $159 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №451, яка мала кінцеву глибину 93 м желонування проводилось протягом 4 годин. При загальному дебіті відкачки $41,5 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,48 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 11,2 м, питомий дебіт – $0,042 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини 14,0 м, середня концентрація радону становила $174 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №452, яка мала кінцеву глибину 99,5 м желонування проводилось протягом 3 годин. Свердловина виявилась сухою.

В свердловині №510р/е, яка мала кінцеву глибину 78,5 м желонування проводилось протягом 11 годин. При загальному дебіті відкачки $91,6 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $1,06 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 5,78 м, питомий дебіт – $0,183 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини 40,0 м, середня концентрація радону становила $570 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №282, яка мала кінцеву глибину 99,7 м желонування проводилось протягом 5 годин. При загальному дебіті відкачки $5,2 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,06 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 36,4 м, питомий дебіт – $0,00016 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини 40,0 м, середня концентрація радону становила $96 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №284, яка мала кінцеву глибину 101,5 м желонування проводилось протягом 5 годин. При загальному дебіті відкачки $64,8 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,75 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 19,0 м, питомий дебіт – $0,039 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини 20,0 м, середня концентрація радону становила $233 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №341, яка мала проміжну глибину 101,5 м желонування проводилось протягом 6 годин, при поглибленні до 133,1 м проводилось протягом 5 годин. При загальному дебіті відкачки $11,2 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,13 \text{ дм}^3/\text{с}$) та $33,7 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,39 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 18,8 м та 46,3 м відповідно, питомі дебїти – $0,0072$ та $0,0082 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибин 40,0 м та 45,0 м, середня концентрація радону становила 1298 та $581 \text{ Бк}/\text{дм}^3$ відповідно.

В свердловині №344, яка мала кінцеву глибину 98,2 м желонування проводилось протягом 4 годин. При загальному дебіті відкачки $3,5 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,04 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 2,2 м, питомий дебіт – $0,018 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини 10,0 м, середня концентрація радону становила $351 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №345, яка мала кінцеву глибину 104 м желонування проводилось протягом 6 годин. При загальному дебіті відкачки $8,2 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,095 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило 2,3 м, питомий дебіт – $0,095 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини 10,0 м, середня концентрація радону становила $37 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

Дослідні відкачки проводилися з шести пошукових і розвідувальних свердловин (№№282, 284, 340, 341, 343, 451), в яких за результатами відкачок отримано дебіт вище $0,5 \text{ дм}^3/\text{с}$ ($1,8 \text{ дм}^3/\text{год}$, або $43,2 \text{ м}^3/\text{д}$) та підвищена концентрація радону у воді понад $296 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

Завданням дослідних відкачок було вивчення зміни вмісту радону в підземних водах у часі в порушеному режимі, а також визначення водозбагаченості свердловин. Тривалість дослідних відкачок становила в середньому 10-11 діб на одну свердловину. В ході дослідних відкачок

проводилися заміри динамічних рівнів, як центральної так і спостережних свердловин.

В процесі відкачок проводився щозмінний відбір проб води на радон і щодобовий на уран і радій. Наприкінці відкачок відбиралися проби води на повний хімічний аналіз, спектральний аналіз сухого залишку і на визначення шкідливих компонентів. Відбір проб води проводився на всю її глибину з інтервалом відбору через 5-10 м.

В свердловині №282 дослідна відкачка проводилось протягом 351 години. При загальному дебіті відкачки 129,6 м³/д (або 1,5 дм³/с) зниження рівня в свердловині становило 20,6 м, питомий дебіт – 0,072 дм³/с. Середня концентрація радону становила 814 Бк/дм³.

В свердловині №284 дослідна відкачка проводилось протягом 182 години. При загальному дебіті відкачки 67,4 м³/д (або 0,78 дм³/с) зниження рівня в свердловині становило 18,0 м, питомий дебіт – 0,043 дм³/с. Середня концентрація радону становила 814 Бк/дм³.

В свердловині №340 дослідна відкачка проводилось протягом 267 годин. При загальному дебіті відкачки 207,4 м³/д (або 2,4 дм³/с) зниження рівня в свердловині становило 4,0 м, питомий дебіт – 0,6 дм³/с. Середня концентрація радону становила 296 Бк/дм³.

В свердловині №341 дослідна відкачка проводилось протягом 257 годин. При загальному дебіті відкачки 51,0 м³/д (або 0,59 дм³/с) зниження рівня в свердловині становило 28,8 м, питомий дебіт – 0,02 дм³/с. Середня концентрація радону становила 999 Бк/дм³.

В свердловині №343 дослідна відкачка проводилось протягом 280 годин. При загальному дебіті відкачки 200,4 м³/д (або 2,32 дм³/с) зниження рівня в свердловині становило 3,6 м, питомий дебіт – 0,65 дм³/с. Середня концентрація радону становила 370 Бк/дм³.

Дослідно-експлуатаційна відкачка проводилася з розвідувально-експлуатаційної свердловини №510р/е з метою вивчення характеру зміни концентрації радону в підземних водах у часі, також визначення

гідрогеологічних властивостей водоносного горизонту.

Відкачка зі свердловини проводилася при одному зниженні рівня. Замір дебету, динамічних рівнів у центральній та спостережних свердловинах, а також відбір проб води на радон проводилися за таким же принципом, як при проведенні дослідних відкачок.

В свердловині №510р/е дослідна відкачка проводилось протягом 1480 годин. При загальному дебіті відкачки $130 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $1,5 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило $42,0 \text{ м}$, питомий дебіт – $0,035 \text{ дм}^3/\text{с}$. Середня концентрація радону становила $814 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

Бурові роботи детальної розвідки.

Бурові роботи полягали у бурінні розвідувальних та розвідувально-експлуатаційних свердловин.

Розвідувальні свердловини бурилися з метою оконтурювання радіогідрогеологічної аномалії на обраній ділянці. Свердловини проектувались таким чином, щоб у разі, коли ними не буде виявлено достатню кількість води з відповідною концентрацією радону, то вони могли б бути використані в якості спостережних.

Всього на стадії розвідки пробурено 4-и розвідувальні свердловини (№№540, 541, 542, 543) середньою глибиною 100 м . Результати їх желонування приводимо нижче.

В свердловині №540, яка мала кінцеву глибину 101 м желонування проводилось протягом 6 годин. При загальному дебіті відкачки $18,1 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $0,21 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило $35,3 \text{ м}$, питомий дебіт – $0,006 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини $60,0 \text{ м}$, середня концентрація радону становила $337 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №541, яка мала кінцеву глибину $95,8 \text{ м}$ желонування проводилось протягом 6 годин. При загальному дебіті відкачки $106,3 \text{ м}^3/\text{д}$ (або $1,23 \text{ дм}^3/\text{с}$) зниження рівня в свердловині становило $2,9 \text{ м}$, питомий дебіт – $0,42 \text{ дм}^3/\text{с}$. Відбір проб води відбувався з глибини $60,0 \text{ м}$, середня концентрація радону становила $59 \text{ Бк}/\text{дм}^3$.

В свердловині №542, яка мала кінцеву глибину 97 м желонування проводилось протягом 5 годин. При загальному дебіті відкачки 52,7 м³/д (або 0,61 дм³/с) зниження рівня в свердловині становило 34,9 м, питомий дебіт – 0,019 дм³/с. Відбір проб води відбувався з глибини 70,0 м, середня концентрація радону становила 677 Бк/дм³.

В свердловині №543, яка мала кінцеву глибину 75,8 м желонування проводилось протягом 8 годин. При загальному дебіті відкачки 61,3 м³/д (або 0,71 дм³/с) зниження рівня в свердловині становило 32,0 м, питомий дебіт – 0,022 дм³/с. Відбір проб води відбувався з глибини 60,0 м, середня концентрація радону становила 529 Бк/дм³.

Розвідувально-експлуатаційні свердловини бурилися з метою проведення в них тривалих дослідно-експлуатаційних відкачок. Всього пробурено 3-и розвідувально-експлуатаційні свердловини.

Першою була пробурена свердловина №544р/е глибиною 83,4 м. Однак при випробуванні виявилось безводною. Далі була пробурена свердловина №547р/е, глибиною 97,2 м, по якій була проведена дослідно-експлуатаційна відкачка тривалістю 7,7 місяців. Третьою була пробурена свердловина №545р/е, глибиною 49,9 м.

Крім цього, у розвідувальних свердловинах проводилася желонування, з метою визначення їх водозбагаченості та зміни концентрації радону по мірі збільшення глибини. Під час випробування з різних інтервалів відбиралися проби води на радон. Відомості про результати інтервального желонування концентрації радону в підземних водах наведені нижче.

Дослідні роботи детальної розвідки

Дослідні роботи на стадії детальної розвідки полягали у проведенні пробних та групової дослідно-експлуатаційної відкачки.

Пробні відкачки проводилися з усіх розвідувальних та двох розвідувально-експлуатаційних свердловин (№№545р/е, 547р/е) з метою визначення їх максимальної водозбагаченості. Результати прокачок наведено нижче.

Таблиця 2.2.1 – Результати прокачок при детальній розвідці Корбутовської ділянки Житомирського родовища

№ св-ни	Час відкачки, год	Результати дослідних робіт		
		Дебіт, $\text{дм}^3/\text{с}$	Зниження, м	Питомий дебіт, $\text{дм}^3/\text{с}$
540	25,2	0,2	30,5	0,01
541	43	4,25	-	-
542	20	0,5	26,5	0,019
543	27	0,59	20	0,03
545 р/е	119	3,93	41,2	0,095
547 р/е	68	3,34	-	-

Групова дослідно-експлуатаційна відкачка проведена з трьома ступенями водовідбору. Спочатку в роботу були включені три розвідувально-експлуатаційні свердловини №№510р/е, 545р/е і 547р/е. Відкачка з цих свердловин велася протягом 5 місяців з сумарним середнім водовідбором $6,25 \text{ дм}^3/\text{с}$ ($22,5 \text{ дм}^3/\text{год}$, або $540 \text{ м}^3/\text{д}$).

В процесі проведення відкачки, концентрація вмісту радону по всіх свердловинах стабілізувалася. По свердловині №545р/е концентрація радону склала $222 \text{ Бк}/\text{дм}^3$. Продовження відкачки з цієї свердловини з дебетом $3,93 \text{ дм}^3/\text{с}$ ($14,5 \text{ дм}^3/\text{год}$, або $340 \text{ м}^3/\text{д}$) не могло призвести до збільшення концентрації радону, відкачка тривала 5 місяців.

Тому було прийнято рішення про зменшення дебету по цій свердловині та одночасному запуску в роботу свердловини №341. У цьому режимі (II ступінь водовідбору) відкачка тривала 1,2 місяця.

Аналіз результатів II ступеня водовідбору показав, що зі зменшенням дебету по свердловині №545р/е до $1,8 \text{ дм}^3/\text{с}$ ($6,48 \text{ дм}^3/\text{год}$, або $155,5 \text{ м}^3/\text{д}$), концентрація радону по ній трохи збільшилася і склала $259 \text{ Бк}/\text{дм}^3$. З-за технічних причин відкачка була зупинена.

Заявлену кількість води з концентрацією радону $370 \text{ Бк}/\text{дм}^3$ і більше забезпечувалося трьома свердловинами №№510р/е, 547р/е і 341 (III ступінь водовідбору). На цій ступені водовідбору відкачка тривала 1,5 місяця. Результати відкачки приведені у текстовому додатку Г.

Сумарний водовідбір на III ступінь склав 2,42 дм³/с (8,7 дм³/год, або 210 м³/д). Концентрація радону у підземних водах становила 555-1221 Бк/дм³.

За результатами проведених досліджень були визначені основні гідрогеологічні параметри цільового водоносного горизонту. Значення коефіцієнту водопровідності за результатами одиночних відкачок коливались в межах 5,69-54 м²/д (середнє значення 29,3 м²/д). Найбільше значення коефіцієнту водопровідності було зафіксовано за результатами відкачки свердловини №340 і становило 54 м²/д.

За результатами кушової відкачки із центральної свердловини №510р/е і спостережних свердловин №№436, 341 коефіцієнт водопровідності був визначений за результатами інтерпретації графіків часового та площинного простеження зниження рівня води. Додатково був визначений коефіцієнт п'єзопровідності який склав $1,9 \cdot 10^4$ м²/д.

Групова відкачка проводилась із свердловин №№436, 542, 543. Основні гідрогеологічні параметри були визначені наступні:

№436	km = 24 м ² /д	a = $6,45 \cdot 10^3$ м ² /д
№542	km = 55 м ² /д	a = $5,25 \cdot 10^4$ м ² /д
№543	km = 33 м ² /д	a = $2,64 \cdot 10^4$ м ² /д

2.2.2. Геологічна та гідрогеологічна будова Корбутовської ділянки

Житомирського родовища

У геоструктурному відношенні територія аркуша розміщується в північно-західній частині Українського щита, в межах Волино-Подільського мегаблоку. В геологічній будові беруть участь протерозойські, палеозойські та четвертинні відклади. Середній геологічний розріз Корбутовської ділянки Житомирського родовища має наступний вигляд:

Четвертинні відклади (Q)	- представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ) та глинистим піском, що залягають в інтервалах 0,0-3,0 м (потужність до 3,0 м);
Палеозойські відклади (MZ-KZ)	- представлені каолінами первинними, що залягають в інтервалах 3,0-5,2 м (потужність 2,2 м) та корою вивітрювання кристалічних порід,

що залягають в інтервалах 5,2-8,6 м (потужність 3,4 м);

Докембрійські відклади (AR-PR₁) - представлені гранітами сірими, тріщинуватими, залягають в інтервалах 8,6-133,1 м (потужність 124,5 м);

В межах родовища, у відповідності до геологічної будови та геоморфологічних особливостей виділяють наступні водоносні горизонти:

- водоносний горизонт у сучасних алювіальних відкладів;
- водоносний горизонт у флювіогляціальних та озерних відкладів;
- водоносний горизонт у крейдових відкладах сеноманського ярусу;
- водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід та кори їх вивітрювання.

Водоносні горизонти в алювіальних і флювіогляціальних відкладах, хоч і більше представлені на ділянці робіт, але вони не становлять практичного інтересу, як у гідрогеологічному відношенні, так і з погляду пошуків у них мінеральних радонових вод.

У процесі пошуково-розвідувальних робіт на мінеральні радонові води основна увага приділялася підземним водам кристалічного фундаменту, які у межах досліджуваної території мають суцільне поширення.

Залягають вони в долинах річок Кам'янка, Лісова і місцями Тетерів безпосередньо під алювіальними відкладами на міжріччі під флювіогляціальними та озерними відкладами, а іноді – під крейдовими відкладами сеноманського ярусу. Потужність цих відкладів 0,5-8 м.

Річка Тетерів у більшості випадків врізається безпосередньо в кристалічні породи. По породах кристалічного фундаменту розвинена кора вивітрювання, що представлена переважно каоліном і є добрим водотривом. У межах родовища вона має суцільне поширеною.

Підземні води приурочені до зони вивітрювання та тріщинуватості кристалічних порід, глибина поширення якої за даними витратометрії коливається в межах 14-83 м (переважно 20-55 м від поверхні землі).

Водоносний горизонт був розкритий усіма пробуреними свердловинами,

в ряді випадків він має напірні властивості. П'єзометричні рівні встановлені вище поверхні землі на 1,2-1,2 м.

Водозбагаченість кристалічних порід нерівномірна, що зумовлено нерівномірною їх тріщинуватістю. Найбільш обводненими є зони порушень. До них приурочені максимальні дебіти свердловин.

Дебет із свердловин змінюється від 0,2 дм³/с (0,72 дм³/год, або 17,28 м³/д) при зниженні на 40 м до 6,2-7,7 дм³/с (24,12-27,7 дм³/год, або 579-665 м³/д) при зниженні на 9-10 м. Питомі дебіти свердловин змінюється в широких межах, від 0,003 до 0,6-0,8 дм³/с.

Коефіцієнти водопровідності розраховані графоаналітичним способом для одиночних свердловин змінюється в діапазоні 5,6-61 м²/д, по спостережним свердловинам склав 24-55 м²/д, в середньому 30-35 м²/д. Коефіцієнт п'єзопровідності змінюється від 6,45*10³ до 5, 25*10⁴ м²/д, середній 2,5*10⁴ м²/д. Водовіддача кристалічних порід 0,002-0,003.

Живлення підземних вод відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів на ділянці вододільного простору Тетерів-Кам'янка. Рух підземних вод спрямований у бік долин річки Тетерів та Кам'янка.

2.2.3. Характеристика якості Корбутовської ділянки Житомирського родовища

В процесі проведення детальної розвідки був виконаний повний комплекс гідрохімічних досліджень.

В результаті проведених хімічних аналізів проб води, підземні води кристалічних порід відносяться переважно до гідрокарбонатних кальцієвих магнієвих з мінералізацією від 0,1-0,2 до 0,5-0,6 г/дм³. Загальна жорсткість змінюється від 1,5 до 3 ммоль/дм³. Нітрити зазвичай відсутні, а нітрати присутні в декількох свердловинах у кількості від 6 до 27,5 мг/дм³. Концентрація рН коливається в межах 6,3-7,8. За даними аналізів, шкідливі елементи у воді відсутні або містяться у допустимих кількостях. За фізичними властивостями підземні води родовища чисті, прозорі, без запаху та смаку, температура води

становить 8-12°. За хімічним складом підземні води переважно гідрокарбонатні кальцієві магнієві. Концентрація радону у воді по свердловинах, які увійшли до підрахунку запасів, відповідала встановленим кондиціям.

За результатами проведених гідрохімічних досліджень по одиночним відкачкам було встановлено наступне:

- Свердловина №282 - концентрація радону коливалась в межах 477-973 Бк/дм³ (середнє значення 1050 Бк/дм³);
- Свердловина №284 - концентрація радону коливалась в межах 703-1491 Бк/дм³ (середнє значення 821 Бк/дм³);
- Свердловина №340 - концентрація радону коливалась в межах 277-425 Бк/дм³ (середнє значення 337 Бк/дм³);
- Свердловина №341 - концентрація радону коливалась в межах 607-1084 Бк/дм³ (середнє значення 903 Бк/дм³);
- Свердловина №343 - концентрація радону коливалась в межах 255-407 Бк/дм³ (середнє значення 370 Бк/дм³);
- Свердловина №451 - концентрація радону коливалась в межах 248-418 Бк/дм³ (середнє значення 351 Бк/дм³).

За результатами проведених гідрохімічних досліджень по розвідувально-експлуатаційній відкачці свердловини №510р/е концентрація радону коливалась в межах 614-1117 Бк/дм³ (середнє значення 825 Бк/дм³).

За результатами проведених гідрохімічних досліджень по груповій дослідно-експлуатаційній відкачці було встановлено наступне:

- Свердловина №510р/е - концентрація радону коливалась в межах 370-714 Бк/дм³ (середнє значення 555 Бк/дм³);
- Свердловина №545р/е - концентрація радону коливалась в межах 178-307 Бк/дм³ (середнє значення 240 Бк/дм³);
- Свердловина №341 - концентрація радону коливалась в межах 832-1191 Бк/дм³ (середнє значення 1010 Бк/дм³);
- Свердловина №547р/е - концентрація радону коливалась в межах 407-1062 Бк/дм³ (середнє значення 766 Бк/дм³);

В процесі проведення експлуатаційних відкачок зі свердловин №№510р/е, 545р/е, 547р/е, здійснювався відбір та визначення концентрації радону у підземних водах. Закономірності у зміні хімічного складу вод за площею немає. Узагальнена формула складу підземних вод має наступний вигляд

$$Rn\ 370 - 1121\ M0,27\ \frac{HCO_3\ 84\ Cl\ 11\ SO_4\ 3}{Ca\ 49\ Mg\ 33\ (Na + K)\ 17}$$

У межах Корбутівської ділянки вміст радону у підземних водах змінюється від 111 до 1221 Бк/дм³. У північно-західній частині концентрація радону не перевищує 296-370 Бк/дм³. У центральній частині родовища підземні води містять підвищені концентрації радону (>740 Бк/дм³), яка поступово зменшується у бік річки Кам'янка.

2.2.4. Висновки щодо вивчення радонових вод Корбутовської ділянки Житомирського родовища

За результатами виконаних геологорозвідувальних робіт з оцінки експлуатаційних запасів Корбутовської ділянки Житомирського родовища мінеральних радонових вод для зовнішнього лікування у Житомирському районі Житомирської області на різних стадіях геологорозвідувальних робіт було встановлено:

- свердловина №545р/е має дебіт 156 м³/д з концентрацією радону на рівні віднесено до позабалансових, враховуючи недостатню концентрацію вмісту радону на рівні 259 Бк/дм³, що за сьогоднішніх стандартів є кондиційними водами.

- протоколом УТКЗ УРСР №3923 від 26 грудня 1978 р. на підставі довідки про кондиції на мінеральні води та за результатами геологорозвідувальних робіт, станом на 01.11.1978 р. були затверджені балансові експлуатаційні запаси радонових лікувальних мінеральних підземних вод, що придатні для використання в лікувальній практиці при зовнішньому застосуванні в кількості по категоріям:

Св. №510р/е: категорія А – 111 м³/д, середній вміст радону 555 Бк/дм³;

Св. №547р/є: категорія А – 55 м³/д, середній вміст радону 888 Бк/дм³;

Св. №341: категорія В – 43 м³/д, середній вміст радону 1221 Бк/дм³;

Св. №282: категорія С₁ – 130 м³/д, середній вміст радону 814 Бк/дм³;

Св. №284: категорія С₁ – 167 м³/д, середній вміст радону 814 Бк/дм³;

Св. №343: категорія С₁ – 200 м³/д, середній вміст радону 370 Бк/дм³;

Всього: категорія А – 166 м³/д, В - 43 м³/д, С₁ – 497 м³/д, А+В+С₁ – 706 м³/д.

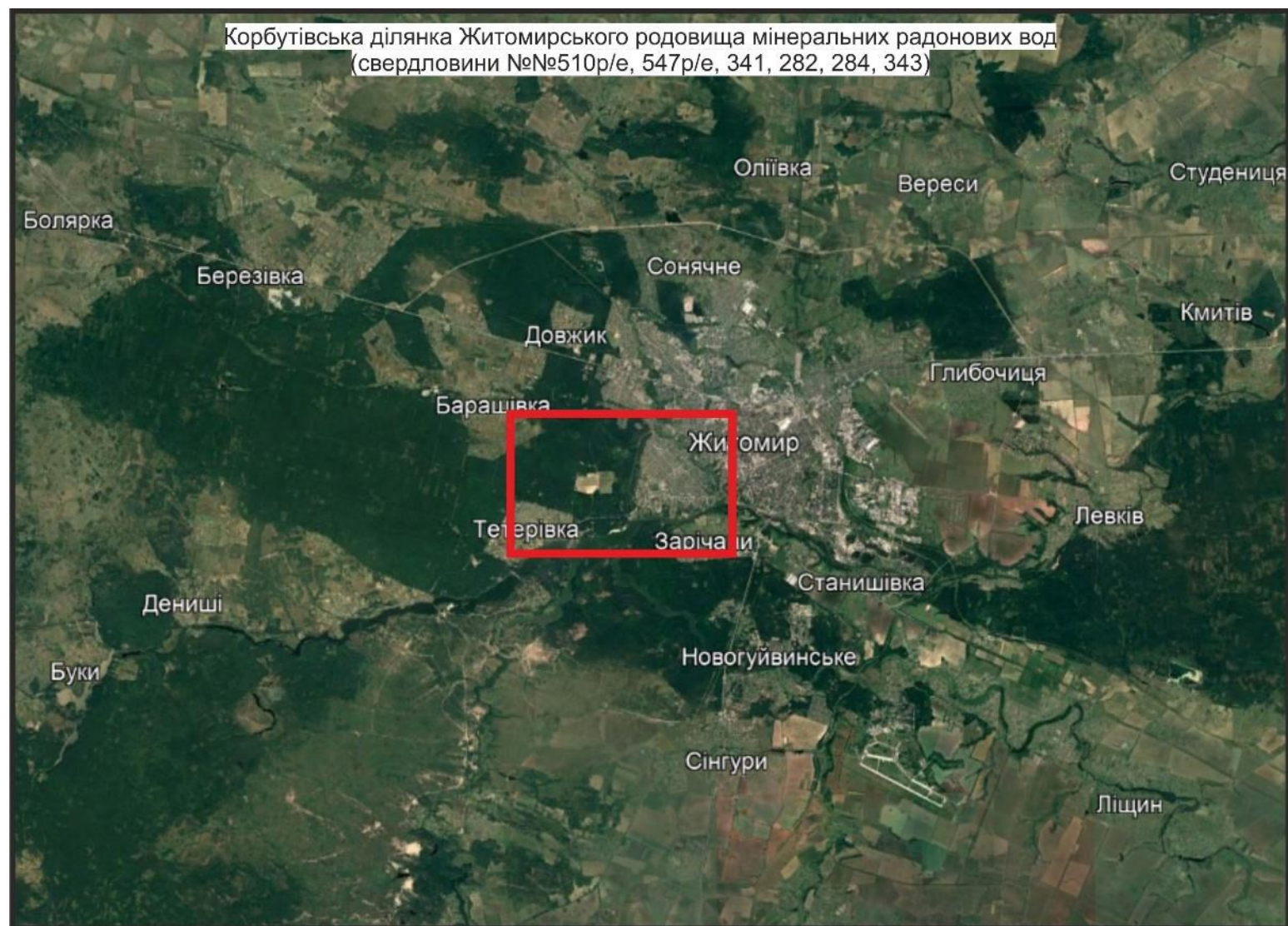


Рисунок 2.2 – Космознімок розташування Корбутовської ділянки Житомирського родовища мінеральних радонових вод

2.3. Санаторій КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся» в районі м. Житомир

В даному розділі приводиться детальний аналіз звітів про попередню та детальну розвідку мінеральних радонових вод ділянки надр для КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся» в районі м. Житомир.

Основні дані з пошукових досліджень наведені в роботі Хоренок І. П. «Предварительная разведка минеральных радоновых вод для санатория им. XX съезда КПСС в районе г. Житомира за 1986-1988 гг.» за 1986-1988 р. [18].

Основні дані з детальних досліджень наведені в роботі Хоренок І. П. «Детальная разведка минеральных радоновых вод для санатория им. XX съезда КПСС в р-не г. Житомира (южная часть Корбутовского участка Житомирского месторождения), 1988-1990 гг.» [19].

Ділянка робіт знаходиться на південному фланзі Житомирського родовища мінеральних радонових вод, по якому протоколом УТКЗ УРСР №3923 від 26 грудня 1978 р. затверджено експлуатаційні запаси у кількості 706 м³/д.

У безпосередній близькості від ділянки робіт знаходяться дві свердловини №№284, 282 з затвердженими експлуатаційними запасами за категорією С₁ відповідно 167 та 130 м³/д відповідно. На момент проведення робіт свердловина №282 була ліквідована.

2.3.1. Методика проведення робіт в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»

У даному розділі приведені результати попередньої та детальної розвідки.

Бурові роботи попередньої розвідки.

Бурові роботи під час попередньої розвідки виконані у два етапи та полягали у бурінні розвідувальних свердловин з метою отримання мінеральних радонових вод.

На першому етапі у 1986 році пробурено 4-и свердловини. Свердловини №№1370, 1383 виявилися майже безводними із вмістом радону 189 та 174 Бк/дм³ відповідно, а дебіти свердловин №№1371, 1384 дорівнювали 1,61 і

2,88 дм³/с (5,8 і 10,4 дм³/год або 139 і 250 м³/д відповідно), але при низькому вмісті радону відповідно 200 і 159 Бк/дм³.

На другому етапі в 1987 році пробурено 2-і свердловини і виконана підготовка до випробування свердловини №284.

Дебіт свердловини №1488 під час дослідної відкачки склав 0,68 дм³/с (2,5 дм³/год або 60 м³/д) при вмісті радону 510 Бк/дм³, №284 – 1,0 дм³/с (3,6 дм³/год або 86,4 м³/д) при вмісті радону 566 Бк/дм³, №1489 - 0,6 дм³/с (2,16 дм³/год або 52 м³/д) при вмісті радону 215 Бк/дм³. Таким чином, в процесі проведення попередньої розвідки було пробурено 6 розвідувальних свердловин загальним метражем 610 м.

Дослідні роботи попередньої розвідки.

Дослідні роботи полягали у проведенні пробних та дослідних відкачок. За результатами дослідних відкачок, дебіти свердловин знаходяться в межах 0,24-1,33 дм³/с (0,86 і 4,8 дм³/год або 21 і 115 м³/д) із свердловин №№1370, 1371, при зниженнях 25,53-5,4 м відповідно.

Вміст радону в пробах, що був відібраний під час відкачок, знаходилися в межах 115 Бк/дм³ (№1370) - 566 Бк/дм³ (№284). Результати, які були отримані при дослідних відкачках наведені нижче.

Таблиця 2.3.1 – Дослідні роботи попередньої розвідки в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»

№ св-ни	Результати		Концентрація радону, Бк/дм ³
	Q, м ³ /д	S, м	
1370	20,7	21,42	115
1371	114,9	5,4	263
1383	57	17,6	274
1384	86,4	16,1	200
1488	58,8	7,47	503
1489	51,8	25,53	214
284	86,4	16,73	566

За результатами дослідних робіт виконано розрахунок коефіцієнтів водопровідності та за спостережною свердловиною №1370 (при відкачуванні зі свердловини №284) - коефіцієнта п'єзопровідності.

Для достовірного визначення коефіцієнта п'єзопровідності враховані результати дослідних робіт виконаних у 1976-78 роках на прилеглій ділянці. Автори звіту розрахували коефіцієнт п'єзопровідності, який склав $2,52 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{д}$, що і був прийнятий до розрахунку.

Середнє значення коефіцієнту водопровідності по зниженню рівня становила $5 \text{ м}^2/\text{д}$, по відновленню рівня – $6 \text{ м}^2/\text{д}$. найбільше значення коефіцієнту водопровідності було досягнуте при відкачці свердловини №284 і становила $52 \text{ м}^2/\text{д}$.

Бурові роботи детальної розвідки.

Всього пробурено 3 розвідувально-експлуатаційні та 4 спостережні свердловини, у тому числі одна на кору вивітрювання. Результати бурових робіт під час проведення детальної розвідки приведені нижче.

Таблиця 2.3.2 – Пробурені свердловини детальної розвідки в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»

№№	№ св-ни	Призначення св-ни	Глибина, м	Дебіт		Вміст радону, Бк/дм ³
				м ³ /год	м ³ /д	
1	1640р/е	Розвідувально-експлуатаційна	101	5,8	138	385
2	1641р/е	"-	100	3,6	86	703
3	1642р/е	"-	85	4,5	108	655
4	1643	Спостережна	90	0,9	22	400
5	1644	"-	86	7,6	183	30
6	1645	"-	70	0,8	18	189
7	1ф	"-	12,5	1,6	39	185

Дослідні роботи детальної розвідки.

Метою дослідних робіт під час детальної розвідки було отримання радонових вод при переривчастому режимі водовідбору (12 годин на добу) у кількості не менше $120 \text{ м}^3/\text{д}$ з концентрацією радону не менше $370 \text{ Бк}/\text{дм}^3$, встановлення дослідних закономірностей зміни дебітів, зниження в часі та вміст радону залежно від величини водовідбору, а також отримання вихідних даних для розрахунку параметрів цільового водоносного горизонту при виконанні групової відкачки, а при пробних відкачках - отримання попередніх даних про водозбагаченість всіх свердловин та їх підготовка до групової відкачування.

Пробні відкачки виконані з 4-х спостережних і з 3-х розвідувально-експлуатаційних свердловин. Результати робіт приведені у текстовому додатку Е.

Групова дослідно-експлуатаційна відкачка виконана в двох режимах: переривчастому, з роботою свердловин 12 годин на добу (4 дні) і безперервному (2 дні). При переривчастому режимі у роботі були три свердловини протягом 77,5 діб та дві-16 діб.

Під час відкачки свердловини №1642р/е проводився відбір проб води на вміст нітратів. Після отримання низки результатів з підвищеним вмістом нітратів (до 75 мг/дм³), що підтверджено їх зовнішнім та внутрішнім контролем, відкачка зі свердловини була зупинена. На момент відключення свердловини №1642р/е середній водовідбір зі свердловин №№1640р/е, 1641р/е, 1642р/е дорівнював відповідно 56, 56 та 53 м³/д відповідно (165 м³/д). Сумарний водовідбір без урахування свердловини №1642р/е дорівнював 113 м³/д.

Тривалість роботи 2-х свердловин у безперервному режимі склала 33,04 діб. Загальна тривалість групової відкачки дорівнює 127,04 діб, у тому числі, у переривчастому режимі - 94,5 діб.

Після відключення свердловини №1642р/е, водовідбір на двох свердловинах, що залишилися в роботі, був збільшений та дорівнював 148 м³/д при середній концентрації радону 659 Бк/дм³. При безперервному режимі відкачки водовідбір зі свердловин №№1640р/е, 1641р/е дорівнював 242 м³/д при середньому вмісті радону 877 Бк/дм³. Після закінчення безперервного режиму відкачки протягом 167 годин, виконані заміри відновлення рівня у всіх свердловинах. Результати робіт приведені у текстовому додатку Е.

Основні гідрогеологічні параметри визначені за даними отриманих при проведенні пробних та дослідних відкачок, а також групової дослідно-експлуатаційної відкачки. Середні значення основних гідрогеологічних параметрів: $k_m - 14 \text{ м}^2/\text{д}$, $a - 9,15 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{д}$.

2.3.2. Геологічна та гідрогеологічна будова в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»

У геоструктурному відношенні територія аркуша розміщується в північно-західній частині Українського щита, в межах Волино-Подільського мегаблоку. В геологічній будові беруть участь протерозойські, палеозойські та четвертинні відклади. Середній геологічний розріз санаторію має наступний вигляд:

- Четвертинні відклади (Q) - представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ) та глинистим піском, що залягають в інтервалах 0,0-5,0 м (потужність до 5,0 м);
- Палеозойські відклади (MZ-KZ) - представлені корою вивітрювання кристалічних порід, що залягають в інтервалах 5,0-19,5 м (потужність 14,5 м);
- Докембрійські відклади (PR₁) - представлені гранітами сірими, тріщинуватими, залягають в інтервалах 19,5-101,5 м (потужність 82 м);

Гідрогеологічні умови родовища є ідентичними Житомирського родовища та приведені у розділі 2.2.

2.3.3. Характеристика якості в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»

Вивчення якості мінеральних радонових вод попередньої розвідки, виконано шляхом гідрохімічного та радіогідрохімічного випробування 7 розвідувальних свердловин попередньої розвідки.

Середня концентрація при дослідній відкачці в свердловинах №№1488, 1489, 284 відповідно дорівнює 511, 215 і 566 Бк/дм³. При сумарному дебеті цих свердловин 197 м³/д, середня концентрація радону при змішуванні дорівнюватиме 455 Бк/дм³.

Таким чином, підземні води цільового водоносного горизонту попередньої розвідки характеризується, як прісні, нейтральні, холодні і описується такою формулою усередненого складу:

$$Rn\ 455\ M\ 0,204\ \frac{HCO_3\ 68 - 98\ Cl\ 19\ SO_4\ 13}{Ca\ 51\ Mg\ 30\ (Na + K)\ 19}\ pH\ 6,9$$

Вивчення якості мінеральних радонових вод детальної розвідки виконано за допомогою гідрохімічного та радіогідрохімічного випробування 3-х розвідувально-експлуатаційних, 4-х розвідувальних та 3-х спостережних свердловин,.

Води водоносного горизонту тріщинуватих кристалічних порід нижнього протерозою детальної розвідки класифікуються, як прісні, нейтральні, холодні, їхній середній іонний склад відповідає наступній формулі:

$$Rn\ 659\ M\ 0,226\ \frac{HCO_3\ 61\ SO_4\ 18\ Cl\ 20}{Ca\ 44\ Mg\ 32\ (Na + K)\ 21}\ pH\ 6,4$$

2.3.4. Висновки щодо вивчення радонових вод в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»

За результатами виконаної попередньої геологічної розвідки з оцінки експлуатаційних запасів для КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся» в районі м. Житомир було встановлено:

- комплекс лабораторних гідрохімічних досліджень по виявленню та встановленню кондиційності мінеральних радонових;
- в межах родовища за результатами попередньої розвідки оцінені 3-и експлуатаційні свердловини №№1488, 1489, 284.
- попередня оцінка експлуатаційних запасів виконано, як за результатами розвідувальних робіт, так і за аналогією із сусідніми ділянками раніше розвіданого Корбутівської ділянки Житомирського родовища мінеральних радонових вод.

- в результаті проведених робіт було розглянуто та відмічені попередньо розвідані запаси мінеральних радонових вод в кількості:

Св. №№1488, 1489, 284 – категорія С₁ – 197 м³/д, вміст радону 455 Бк/дм³;

За результатами виконаної детальної геологічної розвідки з оцінки експлуатаційних запасів для КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся» в районі м. Житомир було встановлено:

- комплекс лабораторних гідрохімічних досліджень по виявленню та встановленню кондиційності мінеральних радонових;

- протоколом УТКЗ №4926 було затверджено станом на 01.09.89 р. балансова експлуатаційні запаси мінеральних радонових вод південної частини Корбутовської ділянки, призначених для використання в бальнеологічних цілях у наступних кількостях:

Св. №1640р/е – категорія В – 58 м³/д; С₁ – 30 м³/д (В+С₁ - 88 м³/д), середній вміст радону 659 Бк/дм³;

Св. №1641р/е – категорія В – 55 м³/д; С₁ – 5 м³/д (В+С₁ - 60 м³/д), середній вміст радону 659 Бк/дм³;

Всього: категорія В – 113 м³/д; С₁ – 35 м³/д (В+С₁ - 148 м³/д), середній вміст радону 659 Бк/дм³.

- цим же протоколом було перезатверджено балансові експлуатаційні запаси мінеральних радонових вод Корбутовської ділянки Житомирського родовища станом на 01.09.90 р. у цифрах та категоризаціях в наступних кількостях:

Св. №510: категорія В – 111 м³/д, середній вміст радону 555 Бк/дм³;

Св. №547: категорія В – 55 м³/д, середній вміст радону 888 Бк/дм³;

Св. №341: категорія В – 43 м³/д, середній вміст радону 1221 Бк/дм³;

Св. №343: категорія С₁ – 200 м³/д, середній вміст радону 370 Бк/дм³;

Всього: категорія В – 209 м³/д; С₁ – 200 м³/д (В+С₁ - 409 м³/д).

- протокол УТКЗ №3923 від 26.12.1978 р., щодо оцінки запасів Корбутовської ділянки Житомирського родовища втратив чинність, у зв'язку з переоцінкою раніше затверджених запасів.

- були виключені запаси по свердловині №282 у кількості 130 м³/д, у зв'язку з її ліквідацією;

- були виключені запаси по свердловині №284 у кількості 167 м³/д, у зв'язку з отриманням некондиційних вод з перевищенням ГДК нітратів (до 75 мг/дм³) при виконанні групової відкачки зі свердловини №1642р/е (пробурена в 0,5 м від свердловини №284).

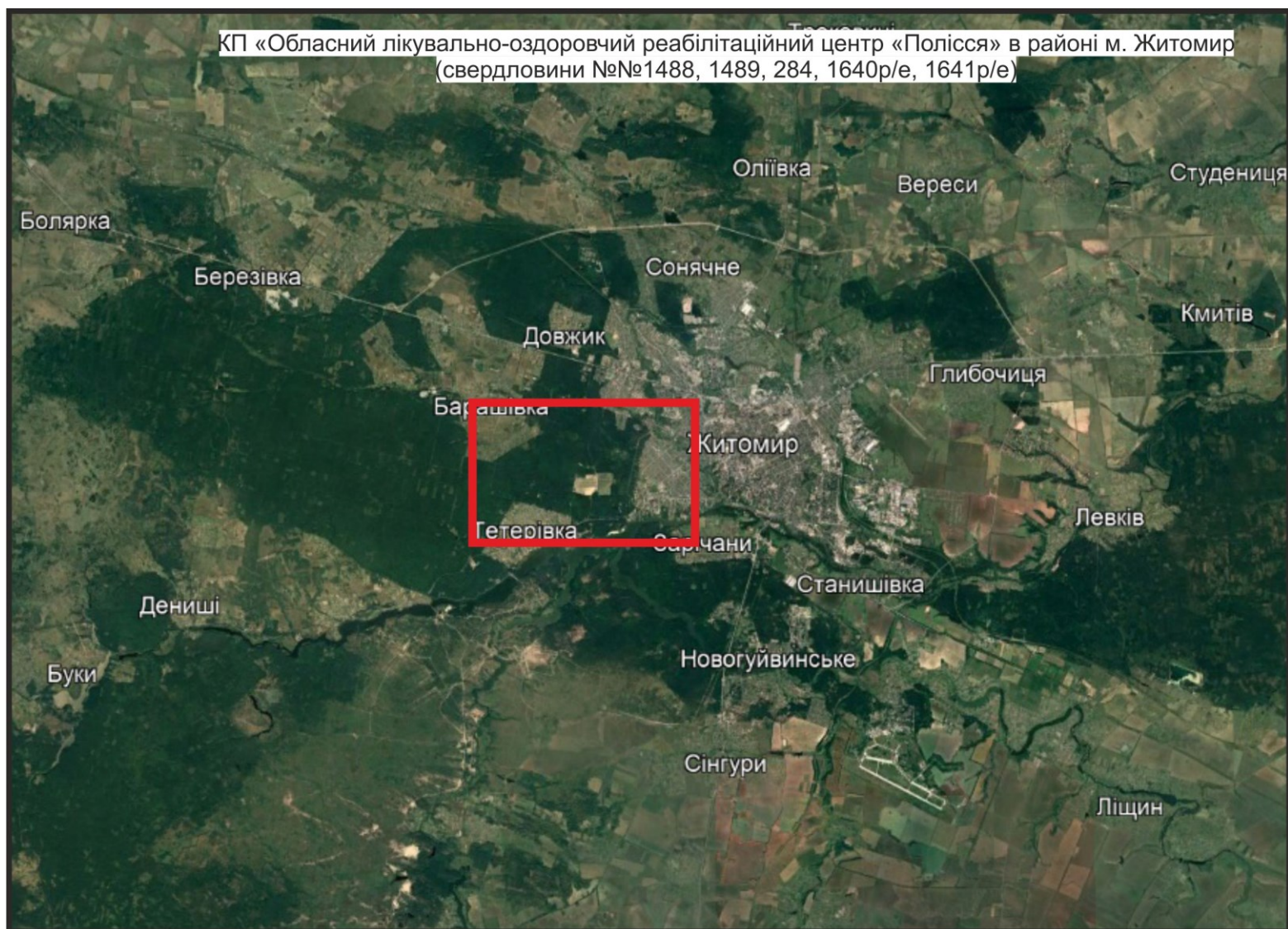


Рисунок 2.3 – Космознімок розташування свердловин в межах КП «Обласний лікувально-оздоровчий реабілітаційний центр «Полісся»

2.4 Санаторій «Лісова Казка» мінеральних радонових вод

В даному розділі приводиться детальний аналіз звітів про пошуки та попередню розвідку мінеральних радонових вод для санаторію «Лісова Казка» в м. Коростишеві Житомирської області.

Основні дані з пошукових досліджень наведені в роботі Корицький Б. Г. «Поиски минеральных радоновых вод для санатория «Лесная Сказка» в г. Коростышеве Житомирской области, 1990-92 гг.» [20].

Основні дані з попередньої геолого-економічної оцінки наведені в роботі Корицький Б. Г. «Предварительная разведка минеральных радоновых вод для санатория «Лісова Казка» в г. Коростышеве Житомирской обл. 1993-1997 рр. [21].

Осередки накопичення мінеральних радонових вод приурочені до кристалічних порід нижнього протерозою. Роботи виконані на північно-східній околиці м. Коростишів на правобережжі р. Тетерів.

2.4.1. Методика проведення робіт в межах санаторію «Лісова Казка»

У даному розділі приведені результати пошукових робіт та попередній оцінці.

Бурові роботи пошукових досліджень в межах санаторію «Лісова Казка».

Бурові роботи були виконані в два етапи та полягали у бурінні пошукових свердловин.

На першому етапі (1990 р.) пробурено дві свердловини (№№1975, 1976), дебіти яких становили 0,9 та 0,23 дм³/с (3,2 та 0,82 м³/год або 77 та 19,8 м³/д), з вмістом радону відповідно 155 і 66 Бк/дм³.

На другому етапі (1991 р.) пробурено п'ять свердловин: №№2242, 2300, 2301, 2303, 2302. Дебіт свердловини №2242 під час дослідної відкачки дорівнювали 1,0 дм³/с (3,6 м³/год або 86,4 м³/д) при вмісті радону 174 Бк/дм³; свердловини №2300- 0,61 дм³/с (2,2 м³/год або 53 м³/д) при 400 Бк/дм³; свердловина №2302-1,25 дм³/с (4,5 м³/год або 108 м³/д) при 677 Бк/дм³; свердловина №2303-1,0 дм³/с (3,6 м³/год або 86,4 м³/д) при 200 Бк/дм³.

Свердловина №2301 виявилася практично безводною. Отже всього пробурено 7 пошукових свердловин.

Дослідні роботи пошукових досліджень в межах санаторію «Лісова
Казка»

Метою їх було отримання даних про водозбагаченість свердловин, концентрацію радону у воді, а також встановлення закономірностей зміни концентрації радону у воді в часі при її водовідборі та отриманні вихідних даних для розрахунку гідрогеологічних параметрів цільового горизонту. Для вирішення цих питань були виконані пробні та дослідні відкачки.

Пробні відкачки виконані з 7 пошукових свердловин. Метою їх було встановлення продуктивності. У процесі відкачок виконувались виміри дебіту та динамічного рівня за загальноприйнятою методикою. В кінці відкачок відбиралися проби води на повний хімічний аналіз, спектральний аналіз, виконаний поінтервальний відбір проб води на визначення радону.

Дослідні відкачки виконані із 6 пошукових свердловин. Основною метою їх було встановлення закономірностей зміни вмісту радону в підземних водах у процесі їхнього безперервного водовідбору. При проведенні дослідних відкачок виконували заміри дебіту і динамічного рівня за загальноприйнятою методикою.

По закінченню дослідних відкачок проводилися спостереження за відновленням рівня свердловин. Гідрогеологічними параметрами з вихідними даними, необхідні для попередньої оцінки експлуатаційних запасів мінеральних радонових вод і кондиційності є коефіцієнт водопровідності, величина допустимого зниження і концентрація радону.

Гідрогеологічні параметри визначені за залежністю невстановленого режиму фільтрації за даними дослідних одиночних відкачок. Середнє значення коефіцієнту водопровідності $km=10 \text{ м}^2/\text{д}$ (коливається в межах 2-16 $\text{м}^2/\text{д}$).

Бурові роботи попередньої розвідки в межах санаторію «Лісова Казка».

Бурові роботи виконані в 1993-1994 рр. Всього пробурено 2 розвідувально-експлуатаційних та 11 спостережних свердловин. Для

проведення групової дослідно-експлуатаційної відкачки пробурено 2 розвідувально-експлуатаційні свердловини: №№2550р/е, 2551р/е.

Для визначення гідрогеологічних параметрів цільового водоносного горизонту, оконтурювання площі розвитку лійки депресії, визначення контуру розвитку ореолу радонових вод за площею, а також визначення зміни вмісту радону в підземних водах у часі та за площею при порушеному режимі фільтрації пробурено 4 спостережних свердловини на цільовий водоносний горизонт.

Дослідні роботи попередньої розвідки в межах санаторію «Лісова
Казка»

Метою дослідних робіт попередньої розвідки було отримання радонових вод при переривчастому режимі водовідбору (12 годин на добу) у кількості не менше 140 м³/д з концентрацією радону не менше 370 Бк/дм³, встановлення дослідних закономірностей зміни дебітів, зниження в часі та вмісту радону залежно від величини водовідбору, а також отримання вихідних даних для розрахунку параметрів цільового водоносного горизонту при виконанні пробних, дослідних та групових відкачок. Пробні відкачки виконані з 11 спостережних та з 2-х розвідувально-експлуатаційних свердловин.

Дослідні відкачки виконані із 3-х спостережних свердловин. Внаслідок їх проведення отримано інформацію про вміст радону у воді в процесі безперервного водовідбору. По закінченні дослідних відкачок виконаний поінтервальний відбір проб води на визначення радону.

Групова дослідно-експлуатаційна відкачка виконана з 2-х свердловин (№№2550р/е, 2551р/е) у двох режимах: переривчастим (з роботою свердловини 12 годин на добу) та безперервному. Тривалість відкачки у переривчастому режимі склала 175 діб, у безперервному 58 діб.

При переривчастому режимі (12-годинний режим) сумарний водовідбір з двох свердловин дорівнював 156 м³/д при середній концентрації радону - 881 Бк/дм³. При безперервному режимі відкачування сумарний водовідбір зі свердловин дорівнював 312 м³/д, при середньому вмісті радону 962 Бк/дм³.

За результатами дослідних відкачок визначено коефіцієнти водопровідності цільового водоносного горизонту.

Величина водопровідності для цільового водоносного горизонту змінюється від 5 до 87 м²/д, при середньому значенні: по відновленню – 35 м²/д; по зниженню - 45 м²/д; п'єзопровідність в 1,5*10⁴ до 9,1*10⁵ м²/д, а середнє значення 3,5*10² м²/д.

Результати дослідних робіт приведені у текстовому додатку Ж.

2.4.2. Геологічна та гідрогеологічна будова в межах санаторію «Лісова Казка»

У геоструктурному відношенні територія аркуша розміщується в північно-західній частині Українського щита, в межах Волино-Подільського мегаблоку. В геологічній будові беруть участь протерозойські, палеозойські та четвертинні відклади. Середній геологічний розріз санаторію «Лісова казка» має наступний вигляд:

Четвертинні відклади (Q)	- представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ) та глинистим піском, що залягають в інтервалах 0,0-2,0 м (потужність до 2,0 м);
Палеозойські відклади (MZ-KZ)	- представлені корою вивітрювання кристалічних порід, що залягають в інтервалах 2,0-10,0 м (потужність 8,0 м);
Докембрійські відклади (PR ₁)	- представлені гранітами сірими, тріщинуватими, залягають в інтервалах 10,0-96,7 м (потужність 86,7 м);

В межах родовища набули суцільного поширення два водоносні горизонти:

- водоносний горизонт четвертинних відкладів;
- водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію.

Води горизонту напірно-безнапірні, рівні змінюється від 2,68 до 4,56 м. Дебіти свердловин змінюється від 0,23 до 1,25 дм³/с, зниження рівня знаходиться в межах 9-41 м. Концентрація радону коливається від 66,6 до 700 Бк/дм³.

2.4.3. Характеристика якості в межах санаторію «Лісова Казка»

Вивчення якості мінеральних радонових вод на стадії пошуків, виконано шляхом гідрохімічного та радіогідрохімічного випробування.

Основним бальнеологічним компонентом підземних вод цільового водоносного горизонту є радон. Середня концентрація радону дослідній відкачці свердловин №№2300, 2302, склала відповідно 399 та 699 Бк/дм³. При сумарному дебіті цих свердловин-161 м³/д, середня концентрація радону при змішуванні дорівнюватиме 555 Бк/дм³.

Підземні води цільового водоносного горизонту характеризується як прісні, нейтральні, холодні і описуються такою формулою іонного складу:

$$Rn\ 555\ M\ 0,148\ \frac{HCO_3\ 82\ Cl\ 11\ SO_4\ 4}{Ca\ 67\ Mg\ 15\ (Na + K)\ 17}\ pH\ 7,2$$

Вивчення якості мінеральних радонових вод під час проведення попередньої розвідки виконано шляхом гідрохімічного та радіогідрохімічного випробування 2-х розвідувально-експлуатаційних, 7 пошукових та 11 спостережних свердловин.

В результаті виконаних гідрохімічних досліджень було встановлено, що води горизонту класифікується як прісні, нейтральні, холодні. Їх середній іонний склад описується наступною формулою:

$$Rn\ 800\ M\ 0,349\ \frac{HCO_3\ 53\ SO_4\ 20\ Cl\ 20}{Ca\ 54\ Mg\ 54\ (Na + K)\ 32}\ pH\ 7,3$$

2.4.4. Висновки щодо вивчення радонових вод в межах санаторію «Лісова Казка»

За результатами виконаних геологорозвідувальних робіт з пошуків запасів для санаторію «Лісова казка» мінеральних радонових воду для зовнішнього лікування у Коростишівському районі Житомирської області було виконано:

- комплекс лабораторних гідрохімічних досліджень по виявленню та встановленню кондиційності мінеральних радонових;
- оцінка запасів проведена за фактично досягнутими при дослідних відкачках дебітам 2-х свердловин (№№2300, 2302).

- протоколом НТР, на підставі проведених дослідних та гідрохімічних досліджень були оцінені запаси радонових лікувальних мінеральних підземних вод, що придатні для використання в лікувальній практиці при зовнішньому застосуванні в кількості по категоріям:

Св. №2300, 2302 – категорія С₁ – 161 м³/д, вміст радону 555 Бк/дм³;

За результатами виконаних геологорозвідувальних робіт з попередньої оцінки експлуатаційних запасів для санаторію «Лісова казка» Коростишівського родовища мінеральних радонових вод для зовнішнього лікування у Коростишівському районі Житомирської області було виконано:

- комплекс лабораторних гідрохімічних досліджень по виявленню та встановленню кондиційності мінеральних радонових;

- оцінка запасів проведена за фактично досягнутими при дослідних відкачках дебітам 2-х свердловин (№№2550р/е, 2551р/е) на кінець переривчастого режиму групової відкачки, загальною кількістю 156 м³/д.

- протоколом УТК, на підставі проведених дослідних та гідрохімічних досліджень були оцінені запаси радонових лікувальних мінеральних підземних вод, що придатні для використання в лікувальній практиці при зовнішньому застосуванні в кількості по категоріям:

Св. №2550р/е: категорія В – 78 м³/д, вміст радону 800 Бк/дм³;

Св. №2551р/е: категорія В – 78 м³/д, вміст радону 800 Бк/дм³;

Всього: категорія В – 156 м³/д

2.5. Денишівське родовище мінеральних радонових вод

В даному розділі приводиться детальний аналіз звітів про детальну розвідку Денишівського родовища мінеральних радонових вод, виконаних в радянські часи і за часів незалежності України.

Основні дані з детальних досліджень наведені в роботі Гончаров О.Д., Пархомец Н.И., Струкова Н.Е «Детальная разведка минеральных радоновых вод Денешского месторождения (Житомирская область) с подсчетом эксплуатационных запасов, проведенной в 1978-1980 г.г. (по состоянию на 10.11.1980 г.».1978-1980 pp. [22].

Основні дані з сучасних досліджень наведені в роботі Шаріков С. І. «Геолого-економічної оцінки ділянки Денишівського родовища (свердловині №1-РК) мінеральних радонових вод для зовнішнього лікування у Житомирському районі Житомирської області» 2017-2018 р.р. [23, 24].

Денишівське родовище знаходиться в Житомирській області, Житомирського району, у 2,5 км на південний захід від с. Дениші. Санаторій, на базі якого розвідане родовище, розташований за 22,5 км від м. Житомир.

2.5.1. Методика проведення робіт Денишівського родовища

У даному розділі приведені результати детальної розвідки та геолого-економічної оцінки за часів незалежності України.

Бурові роботи детальної розвідки 1978 р. Денишівського родовища.

Всього було пробурено 8 розвідувально-експлуатаційних свердловин глибиною 100-120 м та 7 розвідувальних свердловин. Кількість пробурених свердловин обумовлювалась тим фактом, що площинна геофізика не була виконана.

Після буріння свердловин виконувався стандартний комплекс геофізичних досліджень, а саме: електрокаротаж, гама-каротаж, резистивіметрія. Роботи проводилися по свердловинах №№4-Р, 5-Р, 7-Р, 8-Р.

Дослідні роботи детальної розвідки 1978 р. Денишівського родовища

Дослідно-експлуатаційна відкачка. Загальна тривалість дослідно-експлуатаційної відкачки склала 14 місяців. Протягом 30 діб було проведено

цілодобову відкачку зі свердловин №№1-РК, 2-РК з максимальним дебітом 278,7 та 86,4 м³/д відповідно. Потім, протягом 31 діб проведена цілодобова відкачка зі свердловин №№1-РК, 2-РК з мінімальним дебітом 187,8 та 43,2 м³/д. Метою цих робіт, було вивчення динаміки зміни змісту радону за різних режимів відкачки.

Тривалість добової роботи визначалося надійністю забезпечення роботи та прийнято рівно 10 годин на добу. На основі цього, протягом 355 та 404 (відповідно) діб із свердловин №№1-РК, 2-РК та протягом 213 та 217 діб (відповідно) із свердловин №№7-Р, 8-Р проводилися щодобові відкачки. При цьому проводилися стандартні режимні спостереження. Одночасно здійснювалася спостереження за рівнем у спостережних свердловинах.

Були виконані заміри вмісту радону на різних ступенях водовідбору при дослідних відкачках і безперервних дослідно-експлуатаційних відкачках. Збагачення води радоном зі збільшенням дебету свердловини означає скорочення часу проходження води від джерела збагачення радоном до гирла свердловини. Також постійно витримується закономірна залежність вмісту радону від часу відбору.

За перші 2-3 години відбору вміст радону підвищується по дослідним свердловинам родовища, в середньому на 74-111 Бк/дм³ і надалі залишається порівняно стабільним. Зростання вмісту радону зі збільшенням часу відбору є закономірним і пояснюється зменшенням розчинності радону у воді при відкачці з одночасним збільшенням здатності до еманції порід.

Зниження та стабілізація рівнів по дослідним свердловинам настає швидко, практично за час відбору - 10 годин. Відновлюється рівень, як правило, майже до статичного, що відбувається за проміжок часу між відборами - 14 годин. Величина зниження протягом дослідно-експлуатаційної відкачки не змінюється, що ясно виражається паралельністю ліній рівнів, замірялися перед початком і кінцем денного відбору.

Дослідні роботи детальної розвідки 2018 р. Денишівського родовища

На момент проведення робіт Денишівське родовище складалось з трьох водозабірних свердловин №№1-РК, 2-РК, 7-Р, що розкривали водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід архей-нижньопротерозою. Свердловина №8-Р була ліквідована.

Даною роботою були підтверджені експлуатаційні запаси та затверджені параметри постійних кондицій тільки по свердловині №1-РК. Слід зауважити, що згідно [25] Денишівське родовище мінеральних радонових вод входить до переліку водних об'єктів, що відносяться до категорії лікувальних.

В період проведення польових робіт у 2017-2018 р.р був виконаний стандартний комплекс геофізичних досліджень по свердловині №1-РК: гамма-каротаж (ГК), каротаж опору (КО), кавернометрію та витратометрію. Було встановлено, що фактична глибина свердловини становить 40,6 м (за паспортними даними – 100 м).

Дослідно-кущова відкачка. Основною метою проведення дослідно-кущової відкачки в експлуатаційній свердловині №1-РК було визначення розрахункових гідрогеологічних параметрів водоносного горизонту тріщинуватої зони кристалічних порід архей-нижньопротерозою. Дослідно-кущова відкачка в свердловині №1-РК проводилась протягом 3-х місяців, в якості спостережної свердловини виступала свердловина №7-Р, яка розташована на відстані 61,7 м від свердловини №1-РК.

Статичний рівень в свердловині №1-РК становив 7,1 м, №7-Р – 5,2 м. Дебіт свердловини №1-РК становив 144 м³/д (6,0 м³/год) при зниженні рівня на 13,7 м та 3,4 м зниження у свердловині №7-Р.

В свердловині №1-РК дослідно-кущова відкачка проводилась протягом трьох місяців, в якості спостережної слугувала свердловина №7-Р. При загальному дебіті відкачки 144 м³/д стабілізація рівня в свердловині на глибині 20,8 м відбулася через 4 діб після початку дослідної відкачки у центральній свердловині та через 5 діб – у спостережній. Відновлення рівня води в

свердловині №1-РК відбулося протягом 20 годин, у свердловині №37-Р – 15 годин.

За результатами проведених робіт були визначені основні гідрогеологічні параметри: коефіцієнт водопровідності – $7,2 \text{ м}^2/\text{д}$, коефіцієнт п'єзопровідності – $3,2 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{д}$.

2.5.2. Геологічна та гідрогеологічна будова Денишівського родовища

«У геоструктурному відношенні територія аркуша розміщується в північно-західній частині Українського щита, в межах Волино-Подільського мегаблоку. В її будові беруть участь відклади мезозойської і кайнозойської ератем та утворення протерозойської і архейської акротем. Відклади мезозойської та кайнозойської ератем складають осадовий чохол, який на більшості території аркуша перекриває утворення кристалічного фундаменту» [2]. Протерозойські та архейські утворення кристалічного фундаменту належать до двох структурних ярусів, складнодислокованих та еродованих.

В геологічній будові беруть участь протерозойські, палеозойські та четвертинні відклади. Середній геологічний розріз Денишівського родовища має наступний вигляд:

Четвертинні відклади (Q)	- представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ) та запісочені суглинки, що залягають в інтервалах 0,0-10,0 м (потужність до 10,0 м);
Палеозойські відклади (MZ-KZ)	- представлені корою вивітрювання кристалічних порід, що залягають в інтервалах 10,0-15,6 м (потужність 5,6 м);
Докембрійські відклади (AR-PR ₁)	- представлені граносієнітами, тріщинуватими, залягають в інтервалах 15,6-100,0 м (потужність 84,4 м);

В межах родовища набув поширення лише один водоносний горизонт. Підземні води зони вивітрювання та тріщинуватості кристалічних порід фундаменту має повсюдне поширення в межах родовища. Підземні радонові мінеральні води ділянки Денишівського родовища свердловинами №№1-РК, 2-РК, 7-Р розкривають цей водоносний горизонт.

На ділянці робіт свердловиною №1-РК підземні води розкриті на глибині 15,6 м. Водомісткими породами являються тріщинуваті граносієніти. Води напірні. Дебіт свердловини становить 6,0 дм³/год при зниженні рівня на 13,7 м.

Поповнення запасів підземних вод відбувається в місцях виходів кристалічних порід на денну поверхню, а також за рахунок перетоків із вищезалягаючих водоносних горизонтів, які мають гідравлічний зв'язок з підземними водами кристалічного фундаменту. Розвантаження відбувається через «вікна» в корі вивітрювання, а також при водовідборі свердловинами.

2.5.3. Характеристика якості Денишівського родовища

Вивчення якості мінеральних радонових вод на стадії детальної розвідки 1978 р. виконано шляхом гідрохімічного та радіогідрохімічного випробування.

В межах родовища розкриті мінеральні води, серед яких виділяється дуже слаборадонові (вміст радону 185-740 Бк/дм³) та слаборадонові води (вміст радону 740-1480 Бк/дм³).

Підземні води низької мінералізації 0,2-0,4 г/дм³, з температурою 8-10°C, величина рН 6,8-7,2. Води переважно гідрокарбонатні магнієві кальцієві води і описуються такою формулою іонного складу:

Свердловина 1-РК	$Rn\ 814 - 1073\ M0,35$	$\frac{HCO_3\ 73\ SO_4\ 18}{Ca\ 40\ Mg\ 26\ Na\ 14}$	рН 7,0
Свердловина 2-РК	$Rn\ 888 - 1110\ M0,24$	$\frac{HCO_3\ 82\ SO_4\ 12}{Ca\ 57\ Mg\ 25\ Na\ 18}$	рН 7,0
Свердловина 7-Р	$Rn\ 370 - 444\ M0,44$	$\frac{HCO_3\ 52\ SO_4\ 38}{Ca\ 57\ Mg\ 22\ Na\ 20}$	рН 7,0
Свердловина 8-Р	$Rn\ 333 - 407\ M0,27$	$\frac{HCO_3\ 82\ SO_4\ 12}{Ca\ 40\ Mg\ 36\ Na\ 24}$	рН 7,0

Серед мікрокомпонентів слід відмітити постійну присутність заліза, що становить 2-7 мг/дм³. Визначено підвищений вміст кремнієвої кислоти – 47-57 мг/дм³. В незначній кількості присутні нітрати.

В тріщинних водах родовища міститься вуглекислота. Характерно, що по спостережних свердловинах, які розкривають води в зоні кори вивітрювання, СО₂ не виявлено. СО₂ міститься у водах усіх дослідних свердловин глибиною 100-120 м. Наявність у мінеральних водах вуглекислоти сприймається, як

ознака глибинності їх формування і зазвичай у зв'язку з зонами тектонічних порушень.

Вивчення якості мінеральних радонових вод на стадії детальної розвідки 2018 р. виконано шляхом гідрохімічного та радіогідрохімічного випробування.

«За результатами проведених хімічних досліджень по свердловині №1-РК було встановлено, що за співвідношенням основних аніонів і катіонів підземні води водоносного горизонту тріщинуватої зони кристалічних порід архей-нижньопротерозою відносяться до складного аніонного та різного катіонного складу. Для них характерна нейтральна-слаболужна реакція» [2]. Усереднений хімічний склад води можна записати формулою Курлова в наступному вигляді:

$$Rn\ 185 - 500\ M\ 0,43\ \frac{HCO_3\ 55\ Cl\ 25\ SO_4\ 20}{Ca\ 33\ Mg\ 33}\ pH\ 6 - 7,5$$

2.5.4. Висновки щодо вивчення радонових вод в межах Денишівського родовища

За результатами виконаних геологорозвідувальних робіт з детальної оцінки експлуатаційних запасів Денишівського родовища мінеральних радонових вод у 1978 р. для зовнішнього лікування у Житомирській області було виконано:

- в підрахунку запасів приймають участь 4-и експлуатаційні свердловини №№1-РК, 2-РК, 7-Р, 8-Р по яких підтверджувались параметри постійних кондицій.

- Протоколом УТКЗ УСРС були виключені з підрахунку запаси категорії С₁ у повній кількості із свердловин №1-РК – 179 м³/д, №2-РК – 54 м³/д, як такі, що є необґрунтованими.

- протоколом УТКЗ УРСР №8695 від 30 січня 1981 р. затвердити станом на 01.01.1981 р. балансова експлуатаційні запаси у кристалічних породах архей-нижньопротерозойського віку Денишівського родовища для бальнеологічного використання у таких кількостях:

Св. №1-РК: категорія А – 100 м³/д, вміст радону 814-888 Бк/дм³;

Св. №2-РК: категорія А – 32 м³/д, вміст радону 925-999 Бк/дм³;

Св. №7-Р: категорія В – 28 м³/д, вміст радону 370-407 Бк/дм³;

Св. №8-Р: категорія В – 90 м³/д, вміст радону 370 Бк/дм³;

Всього: категорії А – 132 м³/д, В - 118 м³/д, А+В – 250 м³/д.

За результатами виконаних геологорозвідувальних робіт з оцінки експлуатаційних запасів Денишівського родовища мінеральних радонових вод к 2018 р. для зовнішнього лікування у Житомирському районі Житомирської області було виконано:

- протоколом ДКЗ України від 09 серпня 2018 р. №4465 на підставі довідки про кондиції на мінеральні води свердловини №1-РК, станом на 01.05.2018 р. були затверджені балансові експлуатаційні запаси радонових лікувальних мінеральних підземних вод загальнодержавного значення у відкладах тріщинуватої зони кристалічних порід архею-нижнього протерозою, що придатні для використання в лікувальній практиці при зовнішньому застосуванні в кількості:

Св. №1-РК: категорії А – 34 м³/д, В – 66 м³/д, вміст радону 185-500 Бк/дм³;

Всього: категорії А+В – 100 м³/д.

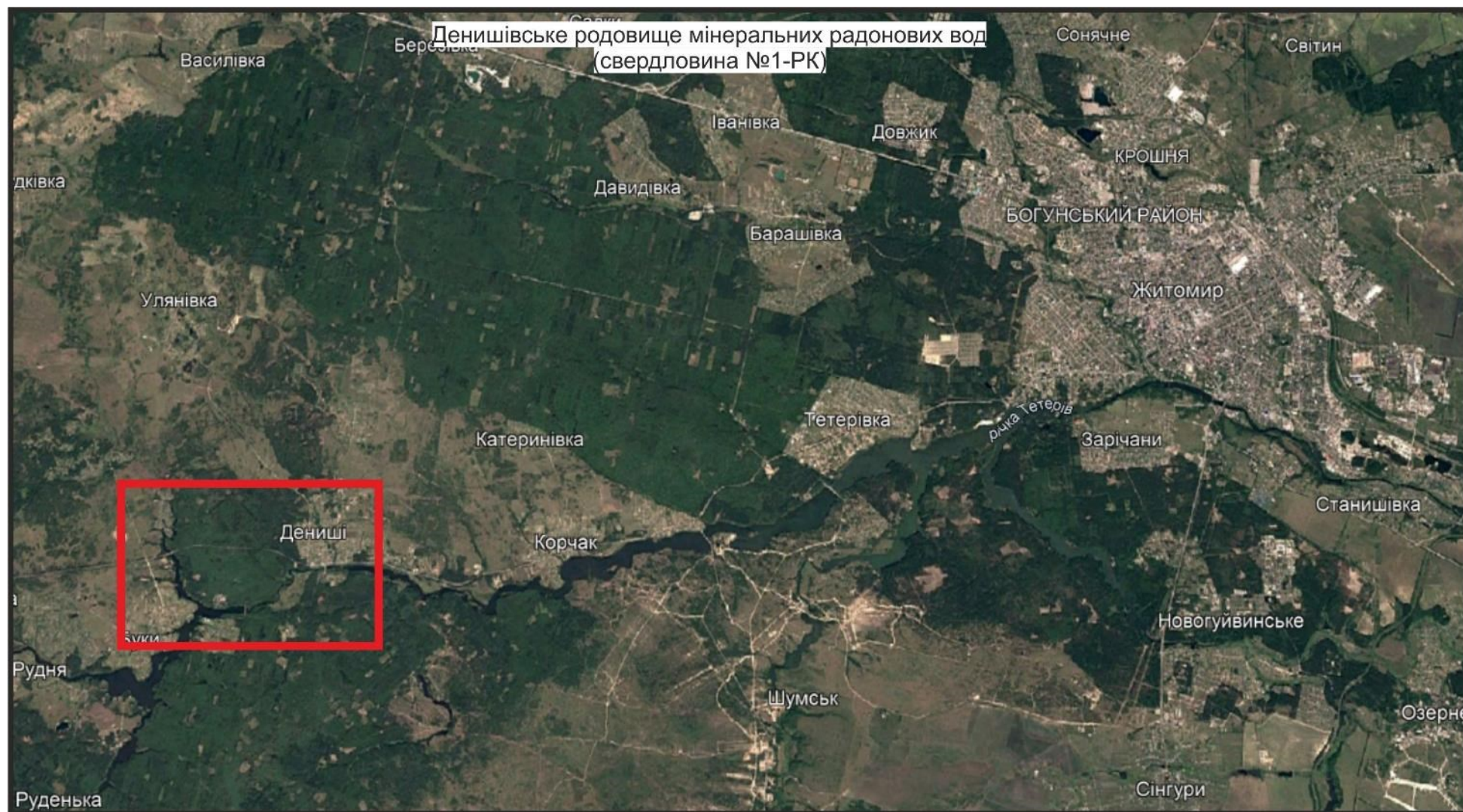
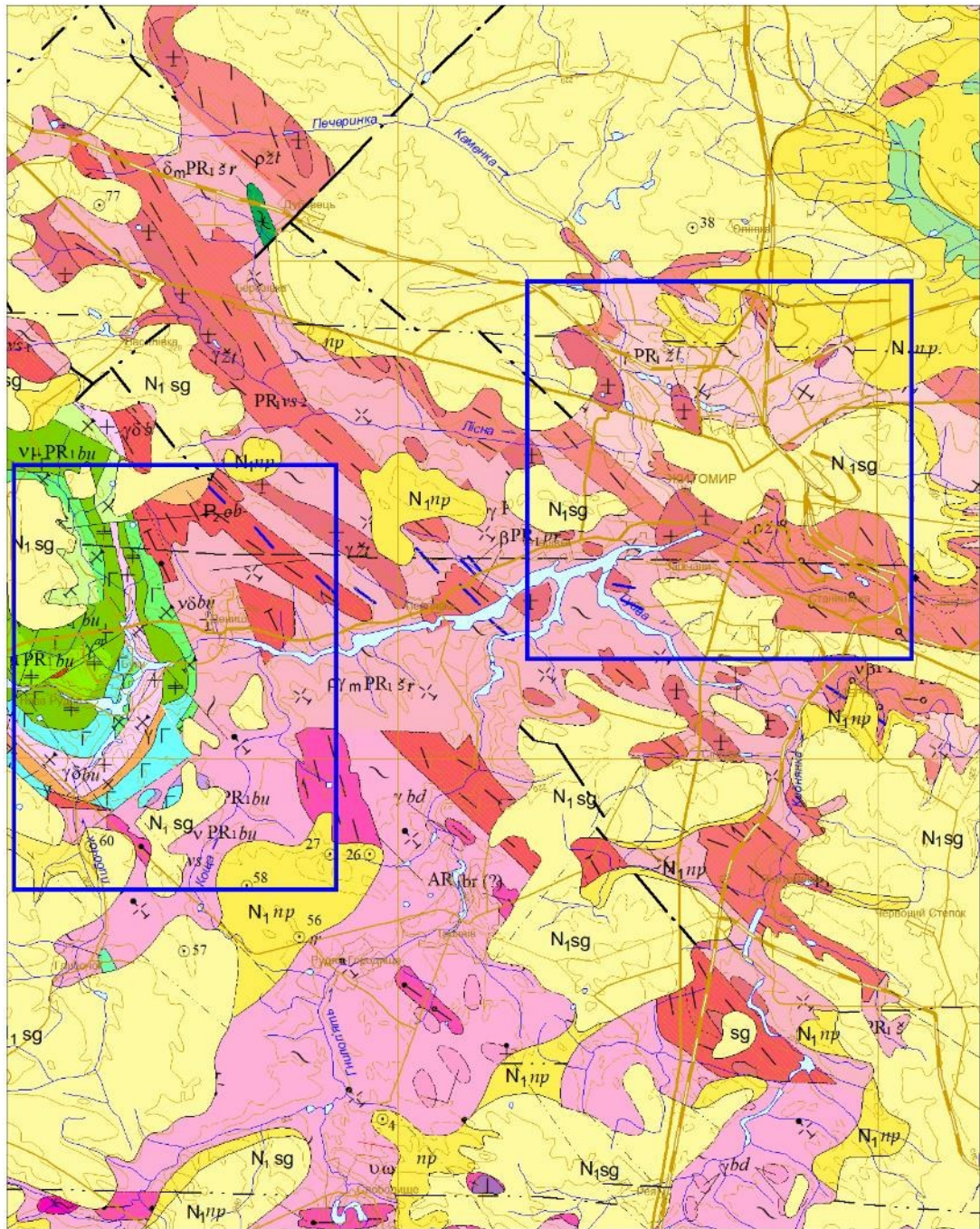


Рисунок 2.5 – Космознімок розташування Денишівського родовища

ГЕОЛОГІЧНА КАРТА ДОЧЕТВЕРТИННИХ УТВОРЕНЬ
Масштаб 1:200 000



© Складено на основі Державної геологічної карти України масштабу 1:200 000
Центральноукраїнська серія. Аркуш М-35-ХVII (Житомир)
© ПДРГП "Північгеологія", 2003

Рисунок 2.6 – Геологічна карта дочетвертинних утворень. Масштаб 1:200 000. Аркуш М-35-ХVII (Житомир) [10].

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ		
N	Відклади неогенової системи міоценового відділу	
PR₁	Відклади протерозойської еономемі	
	Райони поширення радонових вод в межах Житомирської області	
Розривні порушення		
1 	2 	Головні: достовірні (1), ймовірні (2)
1 	2 	Другорядні: достовірні (1), ймовірні (2)
1 	2 	Локальні: достовірні (1), ймовірні (2)

Рисунок 2.7 – Умовні позначення до геологічної карти дочетвертинних утворень. Аркуш М-35-ХVII (Житомир) [10].

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ПОШИРЕННЯ РАДОНОВИХ ВОД ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Перші пошукові геологорозвідувальні роботи на мінеральні радонові води в межах Вінницької області почались в другій половині ХХ століття. Загалом було розвідано та оцінено на різних стадіях геологорозвідувальних робіт 2-а родовища: Немирівське та Новохмільницьке (пізніше перейменоване в Хмільницьке).

Хмільницьке родовище мінеральних радонових вод вивчалось починаючи з середини ХХ століття в процесі геологорозвідувальних робіт на різних стадіях досліджень. Слід відзначити, що дане родовище складається з 5 окремих ділянок: Острівна, Курортна, Лісова, Голодківська, Вугринівська.

Нижче приводимо детальну характеристику розвідувальних робіт.

3.1. Немирівське родовище радонових вод

В даному розділі приводиться детальний аналіз звітів про попередню розвідку, пошукові роботи на Західній ділянці та детальну оцінку мінеральних радонових вод Немирівського родовища.

Основні дані з попередніх досліджень наведені в роботі Шеремета А. В. «Отчет о предварительной разведке радоновых вод на восточном участке Немировского месторождения Винницкой области УССР, проведенной в 1983-1985 гг.» 1985 р. [26].

Основні дані з пошукових досліджень на Західній ділянці наведені в роботі Шеремета А. В. «Отчет о поисках радоновых вод на Западном участке Немировского месторождения Винницкой обл. УССР, 1987 г.» 1987 р. [27].

Основні дані з сучасних досліджень наведені в роботі Мілюхін М. М., Шеремета А. В. ««Звіт про результати детальної розвідки з підрахунком експлуатаційних запасів мінеральних радонових вод Немирівського родовища (санаторій "Авангард"), Вінницької області проведеної в 1997-2002 р.р.» 2005 р. [28].

Ділянка «Курортна» Немирівського родовища розташоване на південно-східній околиці м. Немирів Вінницької області, у парковій зоні санаторію

«Авангард», на лівому березі р. Устя.

3.1.1. Методика проведення робіт в межах Немирівського родовища

У даному розділі приведені результати про попередню розвідку, пошукові роботи на Західній ділянці та детальну оцінку мінеральних радонових вод Немирівського родовища.

Бурові роботи попередньої розвідки в межах Немирівського родовища

Перед початком бурових робіт були проведені комплексні геофізичні дослідження на південній околиці м. Немирів з метою виявлення ділянок, перспективних на пошуки мінеральних радонових. Загалом було пробурено 6 розвідувально-експлуатаційних свердловин.

Після закінчення буріння розвідувальних свердловин №№7-Р (111 м) та 8-Р (120,5 м) була відкоригована глибина буріння свердловин №№6-Р, 9-Р, 10-Р, 11-Р, так як у межах району глибина активної тріщинуватості, при яких відбувається інтенсивна циркуляція підземних вод, не перевищувала 70-80 м.

Після буріння розвідувально-експлуатаційних свердловин були виконані геофізичні дослідження в самих свердловинах. Геофізичні дослідження в свердловинах проводили з метою уточнення геологічного розрізу свердловин, визначення найбільш обводнених інтервалів, тріщинуватості порід у вивіреному розрізі, визначення технічного стану свердловин. Було проведено стандартні геофізичні методи дослідження.

Дослідні роботи попередньої розвідки Немирівського родовища

На стадії попередньої розвідки були виконані пробні, дослідні та дослідно-експлуатаційна відкачки. Середня тривалість пробної відкачки склала 24 години, всього проведено 13 пробних відкачок, загальний тривалістю 15 діб.

Дослідні відкачки проводилися у всіх розвідувальних свердловинах (крім №9-Р). Їх цільове призначення - оцінка продуктивності свердловин, як по водозбагаченості, так і за вмістом концентрації радону. Заміри вмісту радону проводилися щодня протягом усіх дослідних відкачок. Відкачки проводилися на 2-3 зниження рівня води.

Дослідно-експлуатаційна відкачка. Групова дослідно-експлуатаційна

відкачка проведена по двом дослідними свердловинами №№6-Р, 8-Р. Тривалість відкачок становила сумарно 99 діб.

Заміри вмісту радону проводилися кожні 4 години. Один раз на тиждень проводилися контрольні вимірювання вмісту радону. По закінченню дослідів по кожній свердловині були відібрані проби води на повний хімічний аналіз вмісту урану радону санітарно-бактеріологічний аналіз. Результати дослідних робіт наведені у текстовому додатку К.

За час проведення групової дослідно-експлуатаційної відкачки свердловин №№6-Р, 8-Р регулярно проводилися спостереження за рівнем води у свердловинах №№9-Р, 10-Р, 11-Р. Будь-якого зниження рівня в цих свердловинах не спостерігалось.

Бурові роботи пошукової стадії розвідки в межах Західної ділянки
Немирівського родовища

У 1983-85 роках на південній околиці будинку відпочинку «Авангард» була проведена попередня розвідка радонових вод. В результаті цих робіт були затверджені запаси по двох розвідувальних свердловинах номер 6-Р і 8-Р.

Проте, ці води виявилися схильні до стійкого нітратного забруднення, яке в 2-4 рази перевищувало встановлені норми ГДК. У зв'язку з цим виникла потреба, щодо пошуку радонових вод у межах західної ділянки Немирівського родовища, яка розташована за 3 км на захід від м. Немирів.

То ж цільовим призначенням бурових робіт було виявлення кондиційних радонових вод на новій ділянці, оцінка концентрації радону з одночасним визначенням водозбагаченості свердловин.

Передбачалося буріння 6-и пошукових свердловин, закладених на аномаліях, які були рекомендовані за результатами проведених комплексних площинних геофізичних досліджень.

Проектна глибина кожної пошукової свердловини приймалося 120 м, що відповідає максимальній глибині розвитку в районі відкритої тріщинуватості кристалічних порід фундаменту. Пошукові свердловини на Західній ділянці були націлені на розкриття глибокої тріщинуватості тектонічного походження.

За результатами робіт було фактично пробурено 5-ть пошукових свердловин №№12-Р, 13-Р, 14-Р, 15-Р, 16-Р, а також проведено ремонт експлуатаційної свердловини №1020.

Після закінчення дослідних гідрогеологічних робіт пошукові свердловини №№12-Р, 13-Р, 14-Р, 15-Р були ліквідовані. Свердловини №№16-Р, 1020 були законсервовані.

Дослідні роботи пошукової стадії розвідки в межах Західної ділянки
Немирівського родовища.

В результаті проведених у 1987 році досліджень з уточнення характеру та джерел забруднення нітратами підземних вод ($120-305 \text{ мг/дм}^3$) встановлено, що ореоли забруднення локалізується на території м. Немирів, по мірі віддаленості від якого, ступінь забруднення підземних вод помітно падає.

Слід відзначити, що підвищений вміст нітратів також спостерігався у струмках та криницях, які розташовані поруч. Також, значна кількість нітратів зафіксовано у свердловинах розташованих у межах м. Немирів, або у свердловинах розташованих поблизу віддалених водойм, схильних до нітратного забруднення, за наявності гідравлічного зв'язку водоносного горизонту з поверхневими водотоками (свердловини 6-Р, 7-Р, 8-Р). Склад забруднення відзначався виключно високою концентрацією нітратів (концентрація нітритів та амонію відповідають ГДК). Результати дослідних робіт наведені у текстовому додатку К.

По пошуковими свердловинам №№12-Р, 13-Р, 14-Р, 15-Р були проведені інтервальні пробні відкачки в процесі поглиблення свердловин і пробні відкачки після буріння. В результаті проведення пробних відкачок по свердловинах №№12-Р, 13-Р, 14-Р, 15-Р були отримані дуже низькі характеристики водозбагаченості водоносного горизонту, що не представляє практичного інтересу. По свердловинам №№16-Р, 1020 були проведені пробні відкачки тільки після закінчення буріння.

Величина концентрації радону у воді знаходиться у прямій залежності від величини водовідбору. Концентрація нітратів та нітритів перебувала у межах

допустимих норм і становила 2,8-12,4 мг/дм³. По свердловині №16-Р була розрахована водопровідність, яка склала 34 м²/д.

В ході виконання робіт свердловина №1020 була розбурена до глибини 87 м і проведена пробна відкачка. Нітрати та нітроти в межах норми і не перевищували встановлених ГДК, значення водопровідності склало 20,1 м²/д.

Дослідні роботи детальної розвідки ділянки «Курортна» Немирівського родовища 1997-2002 рр.

В процесі виконання дослідних робіт виконувався стандартний комплекс геологорозвідувальних робіт під час виконання детальної розвідки родовища: вивчення фондових матеріалів, санітарно-гідрогеологічне обстеження району робіт, режимні спостереження, гідрохімічні дослідження та проведення дослідних відкачок.

Дослідні роботи виконувались в 2-а етапи: I-й етап – проведення дослідних відкачок з експлуатаційних свердловин №№5, 10-Р тривалістю по 15 дію кожна; II-й етап – проведення дослідно-експлуатаційної відкачка по свердловинах №№5, 10-Р із заданим водовідбором.

Дослідна відкачка із свердловини №10-Р проводилась в цілодобовому режимі і тривала 20 діб. Статичний рівень становив 15,5 м, при дебіті 120 м³/д (5 м³/год) зниження рівня склало 14,0 м.

По свердловині №5 проводилось дві відкачки. Перша дослідна відкачка із свердловини №5 проводилась в цілодобовому режимі і тривала 193 доби. Статичний рівень становив 4,59 м, при дебіті 120 м³/д (5 м³/год) з зниження рівня склало 23,8 м.

Друга відкачка проводилась з дебітом 40 м³/д (5 м³/год), працювала по 8 годин на добу і тривала 30 діб. Статичний рівень становив 4,59 м, при зазначеному дебіті зниження рівня становило 23,8 м.

За результатами відкачок були визначенні основні гідрогеологічні параметри, а саме водопровідність експлуатаційних свердловин: №5 – 12,3 м²/д, №10-Р – 13,9 м²/д (середнє значення 13,1 м²/д).

3.1.2. Геологічна та гідрогеологічна будова Немирівського родовища

У структурі Українського щита район робіт займає західну окраїну Дністровсько-Бузького мегаблоку в місці зчленування Подільського та Середньобузького блоків I порядку. Має триарусну будову: нижній ярус складений ранньодокембрійськими метаморфічними та ультраметаморфічними породами, сформованими протягом кількох тектонічних циклів і за різних термодинамічних умов. Майже повсюдно (за винятком ділянок у долинах річок) він перекритий осадами покривного і четвертинного ярусів. Покривний комплекс разом з повсюдно розвиненою площинною корою вивітрювання має потужність до перших десятків метрів. Генетично це дуже різноманітні породи – від континентальних глин і пісків до морських вапняків, що розвинуті більше на південному заході території. Четвертинні відклади, представлені субаквальними і лесовими фаціальними різновидами. Район робіт розташований у межах глибинного розлому, що розділяє структурно-формаційні зони (блоки I порядку).

Немирівське родовище мінеральних радонових вод у тектонічному плані належить до перетину Муховецько-Монастирецького та Ладижин-Брацлавського розломів. За межами тектонічних розломів кристалічні породи є практично безводними, нижче зон тріщинуватості спостерігається перехід до монолітних порід кристалічного фундаменту [4]. Середній геологічний розріз санаторію Немирівського родовища має наступний вигляд:

- | | |
|--|--|
| Четвертинні відклади (Q) | - представлені (ГРШ) в інтервалах 0,0-1,0 м та глинами, що залягають в інтервалах 1,0-9,3 м (потужність до 8,3 м); |
| Неогенові відклади (N ₁₋₂ bl) | - представлені пісковиками в інтервалах 4,0-27,0 м |
| Палеозойські відклади (MZ-KZ) | - представлені корою вивітрювання кристалічних порід, що залягають в інтервалах 10,0-20,0 м (потужність 10,0 м). Дані відклади присутні лише в свердловині №5; |

Докембрійські - представлені гранітами сірими, відклади (PR₁) тріщинуватими, залягають в інтервалах 20,0-100 м (потужність біля 80,0 м);

Немирівське родовище ділянка «Курортна» розташоване в південно-західній частині гідрогеологічної провінції складчастої області Українського кристалічного щита. В межах родовища набули поширення та були вивчені наступні водоносні горизонти:

- в сучасних алювіальних відкладах заплав і днищ балок;
- в середньо-верхньочетвертинних солово-делювіальних відкладах (вододілів і їх схилів);
- у відкладах балтської світи;
- в тріщинних зонах кристалічних порід докембрію.

Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію розкритий всіма пробуреними свердловинами.

В межах ділянки «Курортна» інтенсивна тріщинуватість кристалічних порід генетично та просторово пов'язана із зоною Муховецько-Монастирецького розлому, що перетинає родовище з північного заходу на північний схід. За межами цього розлому активна тріщинуватість різко зменшується, що підтверджується майже безводними свердловинами №№9-Р, 14, 15, що пробурені на відстані 60-100 м від Муховецько-Монастирецького розлому.

Даний факт свідчить про високу анізотропію фільтраційних властивостей кристалічних порід докембрію в межах родовища. Загалом, підземний стік у північно-західній та північній частинах Курортної ділянки спрямований на південний схід в напрямку до зони Муховецько-Монастирецького розлому. І навпаки, в південно-східній та південній частинах Курортної ділянки він спрямований в протилежну сторону, тобто на північний схід та північ - в напрямку до зони Муховецько-Монастирецького розлому, а також до тектонічного «вузла» - перетин Муховецько-Монастирецького та Ладжин-Брацлавського розломів.

Найбільш водозбагаченими є свердловини, які розташовані в зоні впливу

Муховецько-Монастирецького розлому. За межами розлому, дебїти свердловин становлять менше 0,01 дм³/с. Вміст радону у воді, а саме його максимальна концентрація спостерігалась в свердловинах, які розташовані в зоні саме тектонічного «вузла», це свердловини №№6-Р, 7-Р.

Поза межами цих розломів та тектонічного «вузла», слаботріщинуваті докембрійські породи містять практично прісні води, де вміст радону становить менше 185 Бк/дм³.

Так, концентрація радону у свердловинах Немирівського родовища (ДП УГК «Nemiroff») [29], що розташовані на протилежному боці річки Устя за даними розвідки 2012 р. становить 74,0-88,8 Бк/дм³ [4].

3.1.3. Характеристика якості води Немирівського родовища

Вивчення якості мінеральних радонових вод на попередній стадії оцінки виконано шляхом гідрохімічного та радіогідрохімічного випробування. За хімічним складом води гідрокарбонатні кальцієві магнієві з підвищеною кількістю сульфатів хлору та натрію.

$$\text{№6-Р} \quad Rn \ 851 - 1036 \text{ М} \ 1,11 \frac{HCO_3 \ 54 \ NO_3 \ 22 \ Cl \ 15}{Ca \ 52 \ Mg \ 56 \ Na \ 22} \text{ рН } 7,3$$

$$\text{№7-Р} \quad Rn \ 1110 - 2220 \text{ М} \ 0,71 \frac{HCO_3 \ 79 \ SO_4 \ 13}{Ca \ 69 \ Mg \ 19 \ (Na + K) \ 12} \text{ рН } 7,2$$

$$\text{№8-Р} \quad Rn \ 370 - 555 \text{ М} \ 1,12 \frac{HCO_3 \ 50 \ Cl \ 20 \ NO_3 \ 18 \ SO_4 \ 12}{Ca \ 61 \ Mg \ 25 \ Na \ 13} \text{ рН } 7,2$$

$$\text{№10-Р} \quad Rn \ 336,7 - 362,6 \text{ М} \ 0,6 \frac{HCO_3 \ 88}{Ca \ 61 \ Mg \ 31} \text{ рН } 7,4$$

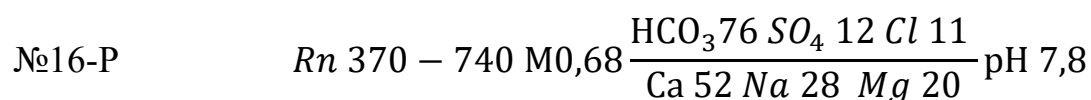
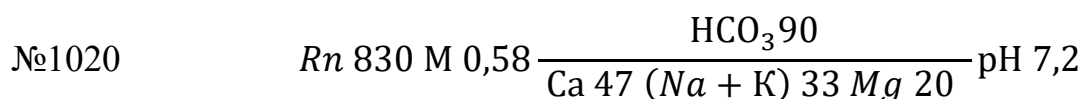
Концентрація радону змінювалась в залежності від дебету та режиму відкачки. Так, по свердловині №6-Р при безперервній відкачці з дебітом 7 м³/год (168 м³/д) простежується зниження вмісту радону з 999-1295 Бк/дм³ до 629-703 Бк/дм³, при дебіті 5 м³/год (120 м³/д) вміст радону було загалом стабільним і в середньому становило 666-740 Бк/дм³. При роботі свердловини в експлуатаційному режимі з дебітом 7 м³/год (168 м³/д) вміст радону підвищився і в середньому склала 925 Бк/дм³.

Така ж картина спостерігалась і по свердловині №8-Р. При безперервній

відкачці з дебітом 18 м³/год (432 м³/д) вміст радону становив 333-444 Бк/дм³, а при дебіті 10 м³/год (240 м³/д) вміст радону підвищився.

Під час випробувань свердловин №№6-Р, 8-Р відзначався підвищений вміст нітратів. Підвищений вміст нітратів може бути наслідком поверхневого антропогенного забруднення. Для дослідження цього питання були відібрані проби води в каналі спиртзаводу, з р. Устя в районі свердловин №№7-Р, 8-Р, із струмка біля свердловини №11-Р для порівняння зі свердловинами на питну воду. В свердловинах на питну воду нітрати не виявлено. У річці, струмку та каналі вміст нітратів 15-38 мг/дм³. Таким чином, автори дійшли висновку, що джерело забруднення відсутнє.

Вивчення якості мінеральних радонових вод на пошуковій стадії Західної ділянки Немирівського родовища виконано шляхом гідрохімічного та радіогідрохімічного випробування. Особлива увага при виконанні робіт приділялась нітратному забрудненню в межах ділянки пошуків. За хімічним складом води гідрокарбонатні кальцієві натрієві та відповідають наступній формулі.



Вивчення якості мінеральних радонових вод під час проведення детальної розвідки Ділянки «Курортна» Немирівського родовища виконано шляхом гідрохімічного та радіогідрохімічного випробування.

За результатами проведених хімічних досліджень по свердловині №5 було встановлено, що підземні води відносяться до слабкомінералізованих (0,65-0,8 г/дм³) гідрокарбонатних магнієвих кальцієвих.

За результатами проведених хімічних досліджень по свердловині №10-Р було встановлено, що підземні води відносяться до слабкомінералізованих (0,651-0,848 г/дм³) гідрокарбонатних магнієвих кальцієвих.

По свердловині №6-Р має місце перевищення вмісту нітратів до 65 мг/дм³.

№5	$Rn\ 303 - 800\ M\ 0,7\ \frac{HCO_3\ 74\ Cl\ 12\ SO_4\ 11}{Ca\ 61\ Mg\ 26\ (Na + K)\ 15}$	pH 6,8
№10-Р	$Rn\ 226 - 944\ M\ 0,7\ \frac{HCO_3\ 73\ Cl\ 10\ SO_4\ 11}{Ca\ 53\ Mg\ 25\ (Na + K)\ 21}$	pH 7,2
№6-Р	$Rn\ 352 - 607\ M\ 0,9\ \frac{HCO_3\ 61\ SO_4\ 14\ Cl\ 15}{Ca\ 56\ Mg\ 27}$	pH 6,8

3.1.4. Висновки щодо вивчення радонових вод Немирівського родовища

За результатами виконаних геологорозвідувальних робіт з попередньої оцінки запасів Немирівського родовища у Немирівському районі Вінницької області було встановлено:

- оцінка запасів проведена фактично по 2-х свердловинах №№6-Р, 8-Р;
- протоколом УТК, на підставі проведених дослідних та гідрохімічних досліджень були оцінені запаси радонових лікувальних мінеральних підземних вод, що придатні для використання в лікувальній практиці при зовнішньому застосуванні в кількості по категоріям:

В результаті проведених робіт експлуатаційні запаси оцінені за категорією С₁, а саме: св. №6-Р - 168 м³/д (925 Бк/дм³), св. №8-Р – 242 м³/д (370-555 Бк/дм³), всього 410 м³/д. За результатами виконаних геологорозвідувальних робіт на стадії пошуків Західної ділянки Немирівського родовища у Немирівському районі Вінницької області було встановлено:

- в результаті виконаних робіт пошукові свердловини №№12-Р, 13-Р, 14-Р, 15-Р були ліквідовані. Свердловини №№16-Р, 1020 були законсервовані;
- зважаючи на доволі суттєву відстань пошукових свердловин (більше 2,0 км) до кінцевого споживача, та зважаючи на той факт, що після транспортування основний лікувальний компонент радон втрачав до 30-40% своїх цілющих властивостей – дана ділянка не була оцінена в якості експлуатаційних запасів.

За результатами виконаних геологорозвідувальних робіт з детальної оцінки експлуатаційних запасів ділянки «Курортна» Немирівського родовища у Немирівському районі Вінницької області було встановлено:

- в межах родовища розташована ще одна свердловина №6-Р по якій не підтверджувались параметри постійних кондицій, а саме – перевищення вмісту нітратів (>65 мг/дм³) в кількості 84 м³/д.

- протоколом ДКЗ України від 09 липня 2004 р. №863 на підставі довідки про кондиції на мінеральні води свердловин №5, 10-Р, станом на 01.01.2004 р. за умови переривчастого водовідбору протягом 7 годин на добу були затверджені балансові експлуатаційні запаси мінеральних радонових лікувальних підземних вод загальнодержавного значення, що придатні для використання в лікувальній практиці при зовнішньому застосуванні в кількості по категоріям:

Св. №5: категорії В – 24 м³/д, С₁ – 13 вміст м³/д (В+С₁ 37 м³/д), вміст радону 185-740 Бк/дм³;

Св. №10-Р: категорії В – 20 м³/д, С₁ – 8 вміст м³/д (В+С₁ 28 м³/д), вміст радону 185-740 Бк/дм³;

Всього: категорії В+С₁ 65 м³/д.

- у відповідності до [25] Немирівське родовище мінеральних радонових вод входить до переліку водних об'єктів, що відносяться до категорії лікувальних.

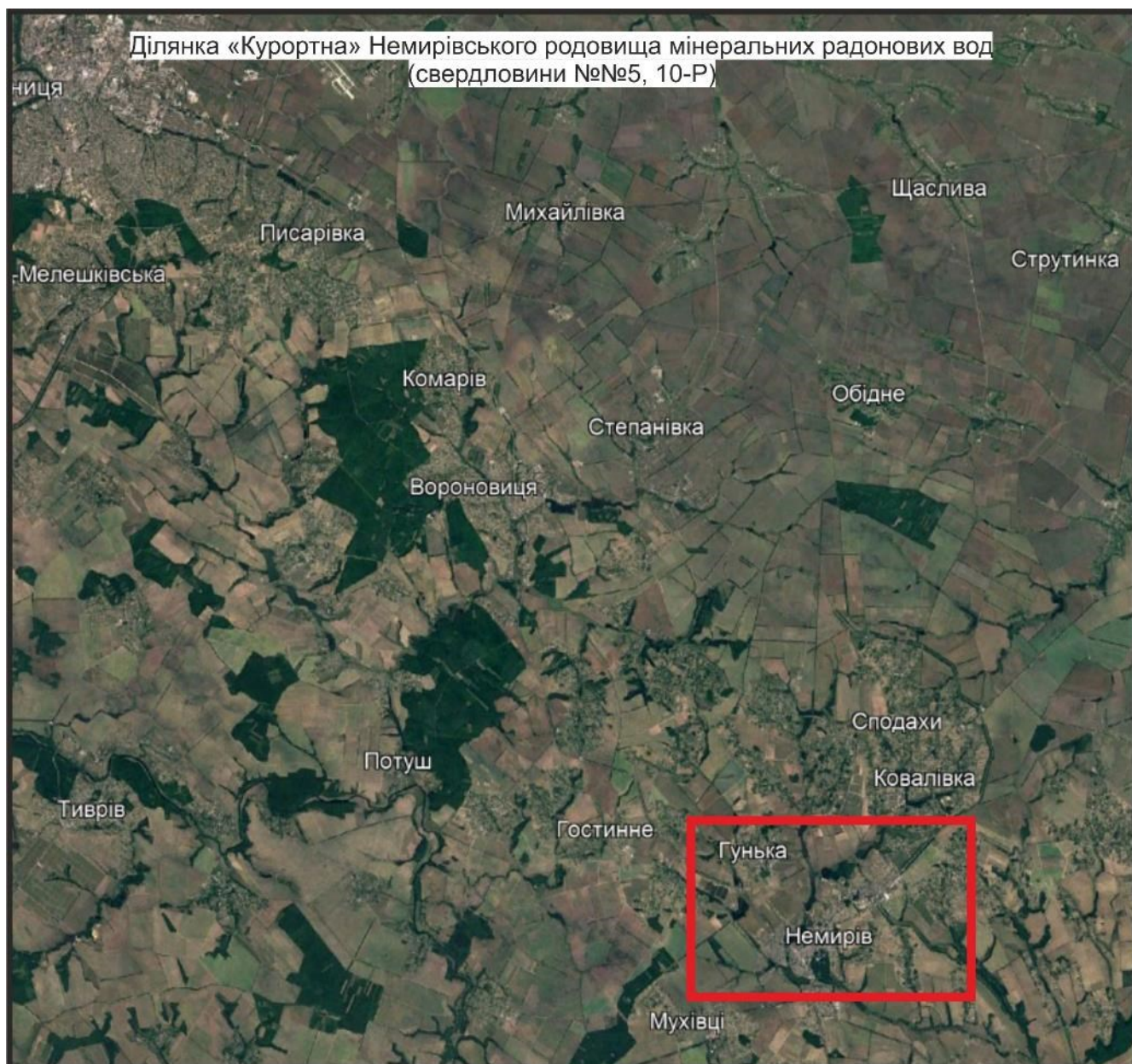


Рисунок 3.1 – Космознімок розташування свердловини Немирівського родовища



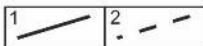
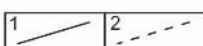
УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	
	Відклади неогенової системи міоценового відділу
	Відклади палеоархейська еономеми
	Район поширення радонових вод
Розривні порушення	
	Головні: достовірні (1), ймовірні (2)
	Другорядні: достовірні (1), ймовірні (2)
	Локальні: достовірні (1), ймовірні (2)

Рисунок 3.3 – Умовні позначення до геологічної карти дочетвертинних утворень. Масштаб 1:200 000. Аркуш М-35-XXIII (Вінниця) [11].

3.2. Новохмельницьке родовище мінеральних радонових вод

У звіті висвітлено результати пошукових та розвідувальних гідрогеологічних робіт з розвідки Новохмельницького родовища мінеральних радонових вод.

Основні дані з попередніх досліджень наведені в роботі Гаюн К. Г., Койнов І. І. «Отчет о результатах гидрогеологических работ, физико-химических исследований, проведенных в 1955-1962 г.г. и подсчет запасов минеральных вод Новохмельниковского месторождения Винницкой области УССР» 1962 г.». [30, 31].

Основні дані з комплексних досліджень наведені в роботі Іванченко І.І., Стомаченко Л. А., Денисюк М. А. «Отчет о работах по комплексной геолого-гидрогеологической съемке масштаба 1:50 000 листов М-35-92-Б, М-35-92-Г (северная половина) и М-35-93-А (западная половина), выполненных в 1965-1969 гг.» [32].

Хмельницькі мінеральні радонові води стали відомі з 1933 р., коли в центрі м. Хмельник Вінницької області, з метою питного водопостачання, було пробурено свердловину глибиною 65 м, що розкрила мінеральну радонову воду. На гідромінеральних ресурсах цієї свердловини у 1944 р. у м. Хмельник було відкрито бальнеологічну лікарню. З 1955 року тут функціонують різноманітні лікарні.

Внаслідок виконаних робіт було виявлено нове Новохмельницьке

родовище радонових вод. У цьому звіті узагальнено результати гідрогеологічних, фізико-хімічних та дослідних робіт, виконаних на цій ділянці та підраховано експлуатаційні запаси. Вихідним матеріалом для підрахунку запасів було виконання дослідних відкачок по свердловинам та спостереження за їх режимом.

3.2.1. Методика проведення робіт в межах Новохмільницького родовища

Етапи проведення робіт

Зважаючи на той факт, що на той момент відбувались планомірні дослідження нового родовища, нижче приводимо детальну характеристику геологорозвідувальних робіт поетапно. Завданням геологорозвідувальних робіт було вивчення геологічної будови та гідрогеологічних особливостей Новохмільницького родовища мінеральних радонових вод, виявлення нових перспективних ореолів поширення мінеральних радонових вод, вивчення їх режиму, фізико-хімічних властивостей, а також підрахунок експлуатаційних запасів мінеральних радонових вод. Проведення геологорозвідувальних робіт у межах міста-курорта Хмільник можна поділити на чотири етапи:

1-й етап (1955–1956 рр.). Завданням на цьому етапі було обстеження району планового дослідження з бурінням свердловин ручним способом. Дані ручного буріння дозволили вивчити розміри четвертинних і тріщинних відкладів і з'ясувати їх потужність. Метою таких досліджень було встановлення найбільш перспективних ділянок для проведення детальної розвідки на мінеральні радонові води.

Всього під час цього етапу було пробурено 20 свердловин. Свердловини були розташовані по 4-х паралельних створах ухрест тектонічного порушення та основного напрямку тріщинуватості.

Було виконано радіологічне обстеження води у криницях, джерелах і свердловинах ручного буріння на околицях м. Хмільник. За результатами проведених робіт на 1-му етапі було складено звіт «Проміжний звіт про результати розвідувального буріння в районі м. Хмільник, Вінницької області»,

в якому узагальнено результати геологорозвідувальних робіт.

2-й етап (1957–1958 рр.). Цілями даного етапу було: встановлення геологічної структури родовища; з'ясування умов формування та розповсюдження мінеральних радонових вод по площі та на глибину; вивчення фізико-хімічних властивостей радонових вод.

Варто зауважити, що на момент розвідки родовища (1955–1962 рр.) діяли інші стандарти щодо стадійності вивчення родовищ підземних вод. Якщо ж виконати інтерпретацію за сучасними нормативними умовами [33], то авторами звіту були проведені додаткові роботи, а саме:

1. Геолого-гідрогеологічна зйомка на площі 76 км². Методика зйомки полягала в описі відслонень з відбором керну. Всього було пробурено 21 свердловину. В результаті проведеної гідрогеологічної зйомки було складено гідрогеологічну карту масштабу 1:25 000 району м. Хмільник.

2. Площа геолого-гідрогеологічної зйомки була збільшена і становила 100 км². Метою цієї зйомки було встановлення зон з підвищеним вмістом радону та вуглекислого газу в підземних водах тріщинуватої зони кристалічних порід. Методика проведення зйомки полягала в описі криниць, джерел і водопроявів на берегах річок, балок і ярів. Всього було описано 166 криниць та джерел.

В результаті проведеної геолого-гідрогеологічної зйомки було встановлено, що підвищений вміст радону у кількості 185–222 Бк/дм³ спостерігається в криницях і джерелах, що розкривають кристалічні породи у зонах тектонічних порушень. На решті території коливання радону у тріщинних водах становить 7,4–29 Бк/дм³ (іноді до 111 Бк/дм³).

3. На даній території, що була визначена як перспективна щодо розвідки мінеральних радонових вод та придатна для будівництва майбутнього санаторію, було пробурено 10 розвідувальних свердловин та одна експлуатаційна.

3-й етап (1959–1960 рр.). На цьому етапі здійснювалося буріння експлуатаційних свердловин на мінеральні радонові води. Методами геологорозвідувальних робіт були проведення бурових робіт, пробних відкачок

і гідрохімічні дослідження. Загалом було пробурено 16 розвідувально-експлуатаційних свердловин.

4-й етап (1960–1961 рр.). Цей етап включав уже підготовку родовища до промислової розробки. Методами гідрогеологічних досліджень були режимні спостереження по всіх пробурених свердловинах, дослідні роботи, здійснення дослідно-кущових відкачок. Всі свердловини, по яких планувалась оцінка експлуатаційних запасів, були розбиті на три кущі.

Всього було виконано п'ять кущових відкачок. По першому кущу (центральна св. №8Р) було здійснено дві відкачки. Перша відкачка була проведена у вересні-жовтні 1958 р., друга відкачка – у лютому 1961 р.

По другому кущу (центральна св. №9РК) перша кущова відкачка була виконана в липні-серпні 1960 р., друга відкачка – в березні 1961 р.

По третьому кущу (центральна св. №12РК) у червні-липні 1960 р. було проведено одну кущову відкачку.

По свердловинам №№2Р, 3Р, 4Р, 6Р, 7Р, 8Р, 4РК, 5РК, 6РК, 9РК, 10РК, 12РК протягом 16 місяців кожні три дні велися спостереження за рівнями підземних вод. Одночасно замірялися температура води, повітря, відбиралися проби води на визначення основних макро- та мікрокомпонентів і вмісту радону.

Основні показники по свердловинам району робіт Новохмельницького родовища приведені у текстовому додатку Л.

При аналізі гідрогеологічних даних можна помітити, що найбільш водозбагачені свердловини зазвичай приурочені до сильно тріщинуватим породам і вузлом тектонічних порушень. Глибокі зони тріщинуватості (тектонічної) сильніше обводнені, ніж зони неглибокої приповерхневої тріщинуватості. У зв'язку із цим, на території району м. Хмельник було виділено два типи тріщинних вод:

1. Тріщинуваті води поверхневої тріщинуватості поширені зазвичай до глибини 30-50 м від поверхні кристалічних порід (питомий дебет до 0,1 дм³/с). Величина напору описаного водоносного горизонту 5-15 м.

За сольовим складом води належать здебільшого до гідрокарбонатних кальцієвих натрієвих або до гідрокарбонатних кальцієвих магнієвих. Ці води формуються в окислювальному середовищі за рахунок атмосферних опадів. Вода всіх пробурених свердловин однотипна і може характеризуватися наступною формулою:

$$Rn\ 74 - 740\ M0,3 - 0,8 \frac{HCO_3\ 80 - 95\ Cl\ 10 - 20}{Ca\ 30 - 45\ Na\ 20 - 30\ Mg\ 20 - 25} pH\ 7,2$$

2. Тріщини води в глибоких зонах тектонічних порушень розкриті на території району робіт (питомий дебет 0,1-0,5 дм³/с). Води глибокої тріщинуватості має напір 10-20 м.

Нерівномірний розподіл і чердування глибоких обводнених зон з ділянками щільними і малоободненими говорять про складність умов залягання і справжні напрямки циркуляції тріщинних вод. В сучасних умовах циркуляція тріщинних вод утруднена і нерівномірна, тому мінералізацією їх різна. В окремих зонах встановлюється слабомінералізовані води гідрокарбонатні кальцієві. Це води активної циркуляції та промиву. Води характеризуються хлоридним гідрокарбонатним натрієвим складом з мінералізацією 4,5 г/дм³. Вода всіх пробурених свердловин характеризуватися наступною формулою:

$$Rn\ 370\ M\ 4,5 \frac{HCO_3\ 52\ Cl\ 35}{Ca\ 49\ Na\ 350} pH\ 6,8$$

Буріння розвідувально-експлуатаційних свердловин.

З метою розкриття радонових вод та можливостей їх експлуатації курортом, а також для підрахунку запасів в межах найбільш водозбагачених зон були закладені розвідувально-експлуатаційні свердловини №№4РК, 5РК, 6РК, 9РК, 12Р.

Розвідувальна-експлуатаційні свердловини №№7РК, 8РК, 14РК пробурено з метою виявлення питних вод для потреб курорту. Свердловина №4РК виявилась безводною.

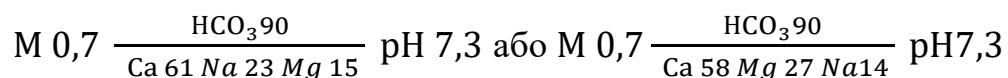
Дослідні роботи.

З метою встановлення оптимального дебіту свердловин, визначення коефіцієнтів фільтрації тріщинних вод і радіусу впливу, у всіх свердловинах після закінчення буріння проводились дослідні відкачки. Основні дані дослідних відкачок приведені в таблиці 3.2.1.

Аналізуючи гідрогеологічні дані по свердловинах, можна відзначити що найбільш водозбагаченими є свердловини, що розташовані в зонах глибокої тектонічної тріщинуватості.

3.2.2. Характеристика якості води Новохмельницького родовища

У межах Новохмельницького родовища виділяють лише один вид тріщини вод: гідрокарбонатні кальцієві магнієві або гідрокарбонатні кальцієві натрієві води з низькою мінералізацією. Всі води Новохмельницького родовища мають мінералізацію до 1 г/дм³ та змінюється в межах від 0,6 до 0,8 г/дм³, вміст нітратів до 10 г/дм³. За своїм хімічним складом ці води однакові в і середньому відповідають наступним формулам:



Щодо радіоактивності підземних вод, то на момент проведення досліджень була наступна ситуація. В свердловинах №№4Р, 5РК, 9Р, 9РК вміст радону становив 1850-3700 Бк/дм³. В свердловинах №№2Р, 3Р, 5Р, 6Р, 7Р, 8Р, 10Р, 4РК, 6РК, 10РК, 12РК вміст радону становив 46-1850 Бк/дм³.

Зміна хімічного складу підземних вод вивчалася в процесі дослідних та пробних відкачок та в процесі режимних спостережень. Вміст радону в процесі відкачок змінювався іноді у досить значних межах, тим не менш вміст радону в тріщинах водах на кожному значенні зниження був постійний і змінювався тільки зі зміною зниження (при великому зниженні вмісту радону у воді більше при меншому-меншому). Це явище пояснюється тим, що зі збільшенням фактичного зниження збільшується і площа, а отже і кількість емануючих колекторів, по яким попадає вода до свердловини.

Загалом, збагачення радіоактивними елементами підземних вод

відбувається на окремих ділянках Українського кристалічного масиву у його верхній тріщинуватій зоні докембрійських порід, у місцях з підвищеним вмістом радіоактивних елементів у породах.

Інтенсивність циркуляції підземних вод, характер водообміну, тривалість процесу еманції з породами, кількість опадів, хімічний склад вод – всі ці фактори визначають умови переходу радіоактивних елементів з порід у воду.

3.2.3. Висновки щодо вивчення радонових вод Новохмільницького родовища

В результаті проведених досліджень протоколом №3988 від 26 квітня 1963 р. станом на 01.06.1962 р. були затверджені балансові експлуатаційні запаси радонових вод Новохмільницького родовища в наступній кількості:

Ділянка Курортна:

Св. №№5РК, 6РК, 8Р, 9РК: категорії В – 340 м³/д, С₁ – 106 м³/д (В+С₁ 446 м³/д), вміст радону >370 Бк/дм³;

Ділянка Лісова:

Св. №№2Р, 6Р, 10РК, 12РК: категорії В – 390 м³/д, С₁ – 331 м³/д, С₂ – 74 м³/д (В+С₁+С₂ 795 м³/д), вміст радону >370 Бк/дм³;

Всього по двох ділянках: В+С₁+С₂ 1241 м³/д.

3.3. Пошуки та детальна розвідка на Голодківській та Вугринівській ділянках Хмільницького родовища (1973-1982 рр.)

В межах Голодківської та Вугринівської ділянок Хмільницького родовища були проведені пошукова стадія геологорозвідувальних робіт (1973-1975 рр.) та детальна розвідка (1976-1982 рр.).

3.3.1. Методика проведення робіт Голодківської та Вугринівської ділянок (1973-1982 рр.)

Бурові роботи пошукової стадії.

На стадії пошуків було виділено загалом 12 ділянок для розширення мінерально-сировинної бази мінеральних радонових водою. Бурові роботи на стадії пошуків було виконано за результатами площинних геофізичних робіт. В

ході пошукових робіт було пробурено 26 свердловин, з них 23 свердловини на водоносний комплекс кристалічних порід. Глибина свердловин змінювалася в межах 75-212 м.

1) Голодківська ділянка. Загалом було пробурено на стадії пошуків 4 свердловини, нижче приводимо коротку їх характеристику:

№1454	$Q= 0,7 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=17,1 \text{ м}$	$R_n - 167 \text{ Бк/дм}^3$
№1455	$Q= 0,8 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=16,4 \text{ м}$	$R_n - 1384 \text{ Бк/дм}^3$
№1456	$Q= 1,8 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S= 7,6 \text{ м}$	$R_n - 566 \text{ Бк/дм}^3$
№1461	$Q= 1,0 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S= 41,0 \text{ м}$	$R_n - 155 \text{ Бк/дм}^3$

2) Вербівська ділянка розташована в південно-західній частині м. Хмільник та охоплює Новохмільницьке родовище питних підземних вод. Загалом було пробурено на стадії пошуків 3 свердловини, нижче приводимо коротку їх характеристику:

№1452	$Q= 1,5 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=11,0 \text{ м}$	$R_n - 518 \text{ Бк/дм}^3$
№1453	$Q= 0,6 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=23,0 \text{ м}$	$R_n - 244 \text{ Бк/дм}^3$
№1464	$Q= 0,5 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S= 60,0 \text{ м}$	$R_n - 81 \text{ Бк/дм}^3$

Слід відзначити, що в межах цієї ділянки розташовані експлуатаційні та розвідувальні свердловини м. Хмільник.

3) Соколівська ділянка розташована на лівобережжі р. Південний Буг, ділянка є північною частиною пошукової ділянки Крутнівська. Загалом було пробурено на стадії пошуків 2 свердловини, нижче приводимо коротку їх характеристику:

№1466	$Q= 0,48 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=176 \text{ м}$	$R_n - 37 \text{ Бк/дм}^3$
№883	$Q= 1,7 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=216 \text{ м}$	$R_n - 0,0 \text{ Бк/дм}^3$

4) Сандракська ділянка розташована в 4-х км на південний-схід від м. Хмільник. Загалом було пробурено на стадії пошуків 2 свердловини, нижче приводимо коротку їх характеристику:

№1451	$Q= 1,1 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=4,8 \text{ м}$	$R_n - 37 \text{ дм}^3$
№1465	$Q= 0,75 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=24,0 \text{ м}$	$R_n - 629 \text{ Бк/дм}^3$

5) Кожуховська ділянка розташована в 12-ти км південніше м. Хмільник.

Загалом було пробурено на стадії пошуків 3 свердловини, нижче приводимо коротку їх характеристику:

№1458	$Q= 1,1 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=19,7 \text{ м}$	$R_n - 592 \text{ дм}^3$
№1462	$Q= 2,0 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=7,8 \text{ м}$	$R_n - 666 \text{ Бк/дм}^3$
№1459	$Q= 0,3 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=71,7 \text{ м}$	$R_n - 74 \text{ Бк/дм}^3$

б) Старо-Хмільницька ділянка розташована безпосередньо в самому м. Хмільник на острові, пізніше дана ділянка матиме назву Острівна. Загалом було пробурено на стадії пошуків 2 свердловини, нижче приводимо коротку їх характеристику:

№1450	$Q= 1,4 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=28,5 \text{ м}$	$R_n - 740 \text{ дм}^3$
№1463	$Q= 2,0 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=42,0 \text{ м}$	$R_n - 0,0 \text{ Бк/дм}^3$

В межах Острівної ділянки також були експлуатаційні свердловини:

№1е	$Q= 1,4 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=13,4 \text{ м}$	$R_n - 2590 \text{ дм}^3$
№2е	$Q= 2,7 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=26,8 \text{ м}$	$R_n - 2775 \text{ Бк/дм}^3$
№3рк	$Q= 1,9 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S=5,8 \text{ м}$	$R_n - 1480 \text{ Бк/дм}^3$
№11рк	$Q= 1,5 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S= 17,0 \text{ м}$	$R_n - 1369 \text{ Бк/дм}^3$
№600е	$Q= 4,5 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S= 25,0 \text{ м}$	$R_n - 4440 \text{ Бк/дм}^3$
№602е	$Q= 1,7 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S= 19,4 \text{ м}$	$R_n - 1295 \text{ Бк/дм}^3$
№603е	$Q= 4,3 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S= 36,0 \text{ м}$	$R_n - 2035 \text{ Бк/дм}^3$
№604е	$Q= 1,42 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S= 4,5 \text{ м}$	$R_n - 4070 \text{ Бк/дм}^3$
№605е	$Q= 1,43 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S= 4,1 \text{ м}$	$R_n - 2220 \text{ Бк/дм}^3$

7) Остропільська ділянка розташована в 34-х км північно-західніше м. Хмільник. Загалом було пробурено на стадії пошуків одну свердловину, нижче приводимо коротку її характеристику:

№1468	$Q= 1,47 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S= 20,1\text{м}$	$R_n - 37 \text{ Бк/дм}^3$
-------	---------------------------------	-------------------	----------------------------

8) Пасічна ділянка розташована в 34-х км західніше м. Хмільник. Загалом було пробурено на стадії пошуків 2-і свердловини, нижче приводимо коротку їх характеристику:

1467	$Q= 1,6 \text{ дм}^3/\text{с}$	$S= 3,95 \text{ м}$	$R_n - 111 \text{ Бк/дм}^3$
------	--------------------------------	---------------------	-----------------------------

№1469 Q= 0,18 дм³/с S= 54,0 м Rn - 22 Бк/дм³

9) Терешпільська ділянка розташована в 18-ти км північно-західніше м. Хмільник. Загалом було пробурено на стадії пошуків одну свердловину, нижче приводимо коротку її характеристику:

№1672 Q= 1,0 дм³/с S= 43,5 м Rn - 111 Бк/дм³

10) Пасічна ділянка розташована в 19-ти км західніше м. Хмільник. Загалом було пробурено на стадії пошуків одну свердловину, нижче приводимо коротку її характеристику:

№1470 Q= 1,8 дм³/с S= 16,5 м Rn - 37 Бк/дм³

11) Крутнівська ділянка є складовою частиною Верівської та Соколівської ділянок. Загалом було пробурено на стадії пошуків одну свердловину, нижче приводимо коротку її характеристику:

№1460 Q= 0,4 дм³/с S= 76,0 м Rn - 44 Бк/дм³

12) Бруслинівська ділянка розташована в 22-х км південно-східніше м. Хмільник. Загалом було пробурено на стадії пошуків 2-і свердловини, нижче приводимо коротку їх характеристику:

№1471 Q= 1,25 дм³/с S= 24,0 м Rn - 0,0 Бк/дм³

№1473 Q= 2,5 дм³/с S= 24,0 м Rn - 37 Бк/дм³

За результатами проведених пошукових робіт були визначені перспективні ділянки для проведення подальших детальних геологорозвідувальних досліджень, а саме ділянки Голодківська та Вугринівська. На стадії пошуків експлуатаційні запаси по жодній із зазначених ділянок не затверджувались.

Бурові роботи детальної розвідки.

При проведенні робіт з попередньої розвідки на ділянці робіт було пробурено 17 пошуково-розвідувальних, які бурились з метою вивчення гідрогеологічних умов та гідрохімічних особливостей ділянки робіт.

На стадії детальної розвідки для забезпечення заданого водовідбору пробурені розвідувальні експлуатаційні свердловини №№1981-1, 1985-1, глибинами 69 м та 60 м відповідно.

Дослідні роботи детальної розвідки.

В склад робіт входили: поінтервальні відкачки, пробні та дослідні відкачки з одиночних свердловин, групова-дослідна відкачка, групова дослідно-експлуатаційна відкачка.

Дослідні відкачки проводилися із свердловин з питомим дебетом 0,1 дм³/с і більше та вмістом радону у воді понад 400 Бк/дм³. Виконувались вони з метою встановлення продуктивності свердловин при стабільному режимі роботи та постійних концентрація радону. Тривалість відкачок змінювалася від 102-648 годин.

На стадії пошуку виконано 7 дослідних відкачок. Для проведення тривалої групової відкачки були використані розвідувальні експлуатаційні свердловини №10МО, 11МО.

Дослідно-експлуатаційна відкачка тривалістю 1 рік виконано з метою обґрунтування промислових категорій експлуатаційних запасів радонових вод. Відкачка проводилося із центральних свердловин №№1994, 1985-1 (342 діб), а також із свердловин №№1983, 1981-1 (315 діб). Додатково по всіх свердловинах були проведені стандартні геофізичні дослідження.

Основні результати дослідних робіт на пошукових свердловинах Голодківської та Вугринівської ділянок (1973-1982 рр.) приведені у текстовому додатку М.

За результатами проведених відкачок були визначені значення водопровідності по деяким свердловинам: №1989 – 40 м²/д; №1981-1 - 64 м²/д; №1985 - 30 м²/д; №1991 – 100 м²/д;

3.3.2. Характеристика якості води Голодківської та Вугринівської ділянок (1973-1982 рр.)

В результаті проведених гідрохімічних досліджень був виконаний стандартний комплекс гідрохімічних досліджень робіт.

Води Голодківської ділянки характеризуються стабільним складом та є слабомінералізованими, гідрокарбонатними кальцієвими магнеєвими. Води Угриновської ділянки характеризуються стабільним складом та є

слабомінералізованими, гідрокарбонатними сульфатними кальцієвими магнієвими.

Нижче приводимо характеристику хімічного складу підземних вод по свердловинах:

Голодківська ділянка	
№1981-1	$Rn\ 306 - 740\ М\ 0,7\ \frac{HCO_3\ 90}{Ca\ 72\ Mg\ 25}\ pH\ 7,5$
№1983	$Rn\ 1260 - 2072\ М\ 0,7\ \frac{HCO_3\ 93}{Ca\ 68\ Mg\ 27}\ pH\ 7,5$
№1985-1	$Rn\ 1850 - 2072\ М\ 0,7\ \frac{HCO_3\ 86}{Ca\ 70\ Mg\ 25}\ pH\ 7,4$
№1994	$Rn\ 1480 - 7400\ М\ 0,7\ \frac{HCO_3\ 88}{Ca\ 72\ Mg\ 25}\ pH\ 7,5$

Вміст нітратів у свердловинах Голодківської ділянки коливався в межах 1-14 мг/дм³.

Вугринівська ділянка	
№5МО	$Rn\ 740 - 2220\ М\ 0,8\ \frac{HCO_3\ 88\ SO_4\ 23}{Ca\ 66\ Mg\ 24}\ pH\ 7,5$
№6МО	$Rn\ 630 - 1850\ М\ 0,8\ \frac{HCO_3\ 74\ SO_4\ 18}{Ca\ 67\ Mg\ 25}\ pH\ 7,5$
№7МО	$Rn\ 630 - 1850\ М\ 0,7\ \frac{HCO_3\ 87}{Ca\ 70\ Mg\ 22}\ pH\ 7,5$

Вміст нітратів у свердловинах Голодківської ділянки коливався в межах 1-10 мг/дм³.

3.3.3. Висновки щодо вивчення радонових вод Голодківської та Вугринівської ділянок (1973-1982 рр.)

В результаті проведених досліджень протоколом №8939 від 17 лютого 1982 станом на 01.02.1982 р. були затверджені балансові експлуатаційні запаси радонових вод в наступній кількості:

Ділянка Голодківська:

Св. №1981-1: категорії А – 244 м³/д, С₁ – 94 м³/д (А+С₁ 338 м³/д), вміст радону 306-740 Бк/дм³;

Св. №1983: категорії А – 123 м³/д, С₁ – 52 м³/д (А+С₁ 175 м³/д), вміст радону 1260-2072 Бк/дм³;

Св. №1985: категорії А – 628 м³/д, вміст радону 1480-7400 Бк/дм³;

Св. №1994: категорії А – 320 м³/д, С₁ – 149 м³/д (А+С₁ 469 м³/д), вміст радону 1480-7400 Бк/дм³.

Ділянка Вугринівська:

Св. №5МО: категорії В – 20 м³/д, С₁ – 35 м³/д (А+С₁ 55 м³/д), вміст радону 740-2220 Бк/дм³;

Св. №6МО: категорії В – 35 м³/д, С₁ – 72 м³/д (В+С₁ 107 м³/д), вміст радону 630-1850 Бк/дм³;

Св. №7МО: категорії В – 38 м³/д, С₁ – 69 м³/д (В+С₁ 107 м³/д), вміст радону 630-1850 Бк/дм³.

Всього по двох ділянках:

Ділянка Голодківська А+С₁ 1610 м³/д.

Ділянка Вугринівська В+С₁ 269 м³/д.

3.4. Вугринівська ділянка Хмільницького родовища пошукова стадія та детальна розвідка

У звіті висвітлено результати пошукових та попередніх розвідувальних гідрогеологічних робіт на Вугринівській ділянці мінеральних радонових вод.

Основні дані з попередніх досліджень наведені в роботі Погонина В.И. «Поиски минеральных радоновых вод на Угриновском участке Хмельниковского месторождения Винницкой обл. УССР, 1987-89 гг.» 1989 г. [34].

Основні дані з сучасних досліджень наведені в роботі Погонина В.И. «Предварительная разведка минеральных радоновых вод на Угриновском участке Хмельниковского месторождения за 1990-1993гг. (Хмельницкий р-н Винницкой области).» 1994 р. [35].

Заявлена потреба мінеральних радонових вод становить: перша черга 300 м³/д, друга черга 700 м³/д, при концентрації радону не менше 370 Бк/дм³.

Основною метою цих робіт був пошук додаткових джерел мінеральної радонової води в межах Вугринівської ділянки у зв'язку із збільшенням потреби. На початку пошуків водозабір Вугринівської ділянки складався з 7-ми експлуатаційних розвідувальних свердловин 5-11МО. Протоколом ГКЗ СРСР

протоколом №8939 від 17.02.82 були затверджені експлуатаційні запаси мінеральних радонових вод Вугринівської ділянки у кількості та за категоріями $B+C_1+C_2$ 538 м³/д.

3.4.1. Методика проведення робіт на Вугринівській ділянці

Бурові роботи пошукової стадії (1987-1989 р.р.)

Під час проведення пошукових робіт на Вугринівській ділянці пробурено 7 свердловин: 5 свердловин на водоносний комплекс кристалічних порід докембрію і 2 на водоносний горизонт четвертинних відкладів. Місця буріння пошукових свердловин визначалося з урахуванням геолого-гідрогеологічних умов та результатів раніше проведених наземних геофізичних досліджень.

Глибина пошукових свердловин, пробурених на кристалічні породи докембрію, визначалася глибиною активної зони тріщиниватості та не перевищувала 80-110 м. Винятком становить лише зони тектонічних порушень, де можна зустріти воду на значно більшій глибині.

Додатково у всіх пробурених свердловинах проводився стандартний комплекс геофізичних досліджень основною метою яких було: встановлення потужності зон водопріпливів, вивчення фільтраційних характеристик тріщинних колекторів, визначення технічного стану стовбурів свердловин, пошуки радіоактивних елементів, літолого-петрографічні розчленування порід при бурінні. Для вирішення цих завдань було проведено стандартний комплекс геофізичних досліджень та методів: гама каратаж, електрокаратаж, кавернометрія, расходометрія, резистивіметрія.

Бурові роботи детальної розвідки (1992 р.)

Всього було пробурено 5-ть свердловин на тріщинуваті і води №№2180, 2181, 2185 – пошукові, №№2182, 2183 - спостережні, глибиною 75-83 м. Додатково, для визначення якісних показників та визначення можливого впливу майбутніх експлуатаційних свердловин, які пробурені на водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід, додатково були пробурені 2-і свердловини: №2184 – глибиною 15 м та №2186 – глибиною 5,5 м. По всіх свердловинах був виконаний стандартний комплекс геофізичних досліджень.

Дослідні роботи пошукової стадії (1987-1989 р.р.)

На стадії пошукових робіт було виконано: поінтервальні відкачки з 3-х пошукових свердловин (№№2180, 2181, 2185). Відкачки проводилися на одне зниження рівня, наприкінці відкачки відбиралися проби на повний хімічний аналіз.

Дослідні відкачки тривалістю 15 діб проводилися по цим же свердловин з метою вивчення концентрації радону при заданому водовідборі, а також для вивчення умов можливої взаємодії свердловин. Додатково був виконаний комплекс по режимним спостереженням як по новим пробуреним свердловинам, так і по вже існуючим. Нижче приводимо результати дослідних робіт.

Результати дослідних робіт пошукової стадії на Вугринівській ділянці (1987-1989 рр.) приведені у текстовому додатку Н

Додатково за результатами дослідних відкачок були визначені коефіцієнти водопровідності: №2180 – 51-57 м²/д, №2181 – 13-18 м²/д, №2185 – 48-53 м²/д.

Дослідні роботи детальної розвідки (1992 р.).

На стадії пошуків дослідні роботи по свердловинах №№2180, 2182, 2185 включали в себе поінтервальне відкачуванням з метою виявлення обводнених тріщинних зон, зміна якості води та вміст радону з глибиною. Пробні відкачки з цих же свердловин тривали по 15 діб з метою вивчення стабільності концентрації радону при заданому водовідборі.

На стадії попередньої розвідки проводились дослідно-експлуатаційні кущові відкачки тривалістю 9 місяців з метою обґрунтування промислових категорій експлуатаційних запасів радонових вод із свердловин №№2180-ц, 2185-ц. Час відкачки в безперервному режимі – 4541 годин, в режимі експлуатації – 2176 (по 12 годин на добу).

Результати дослідних робіт детальної розвідки на Вугринівській ділянці (1992 р.) приведені у текстовому додатку Н

Значення водопровідності по цих свердловинах під час проведення

дослідних робіт становили: №2180-ц – 51-57 м²/д, №2181 – 13-18 м²/д, №2185-ц – 48-53 м²/д.

3.4.2. Характеристика якості води на Вугринівській ділянці

Під час пошукової стадії результати спостереження за концентрацією радону в тріщинуватих водах в умовах природного режиму під час експлуатаційних відкачек показали, що вміст радону в підземних водах в межений період вищий, ніж у паводок та під час випадання опадів. Макрокомпонентний хімічний склад підземних вод описується формулою: формула.

$$M\ 0,7 \frac{HCO_3\ 46-95}{Ca\ 16-77\ Mg\ 18-61} \text{ рН } 7,9 \text{ вміст нітратів } 1-16,5 \text{ мг/дм}^3$$

Вміст радону в свердловинах, які прийняті до підрахунку запасів становлять: №2180-1332 Бк/дм³, №2181 - 940 Бк/дм³, №2185 - 540 Бк/дм³.

Під час проведення детальної розвідки на прилеглий території, цільовий водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід вивчений доволі повно. То ж в контексті цієї роботи були, фактично, уточнені та підтверджені гідрохімічні особливості цільового водоносного горизонту.

За співвідношенням основних катіонів та аніонів підземні води характеризуються стабільним гідрокарбонатним кальцієвим магнієвим складом з низькою манералізацією. Загалом хімічний склад цільового водоносного горизонту відповідає наступним формулам:

№2180-ц	$Rn\ 370 - 1406\ M\ 0,6 - 0,7 \frac{HCO_3\ 85-93}{Ca\ 65-75\ Mg\ 20-31} \text{ рН } 7 - 7,5$
№2185-ц	$Rn\ 333 - 1000\ M\ 0,6 - 0,8 \frac{HCO_3\ 83 - 96}{Ca\ 62 - 75\ Mg\ 18 - 25} \text{ рН } 7,3$
№2181	$Rn\ 1036\ M\ 0,5 - 0,8 \frac{HCO_3\ 65-93}{Ca\ 58-73\ Mg\ 23-35} \text{ рН } 6,8 - 7,8$
№2182	$Rn\ 59\ M\ 0,6 - 0,82 \frac{HCO_3\ 66-90}{Ca\ 38-73\ Mg\ 23-38} \text{ рН } 7,0 - 7,9$
№8МО	$Rn\ 740\ M\ 0,6 - 0,8 \frac{HCO_3\ 68 - 86}{Ca\ 70 - 73\ Mg\ 20 - 28} \text{ рН } 7,2 - 7,5$
№9МО	$Rn\ 740\ M\ 0,6 - 0,8 \frac{HCO_3\ 68 - 87}{Ca\ 68 - 73\ Mg\ 15 - 25} \text{ рН } 6,8 - 7,3$
№10МО	$Rn\ 851\ M\ 0,6 - 0,8 \frac{HCO_3\ 73 - 91}{Ca\ 65 - 72\ Mg\ 18 - 25} \text{ рН } 7,0 - 7,5$

$$\text{№11МО} \quad Rn \ 1184 \text{ М } 0,6 - 0,7 \frac{\text{HCO}_3 72 - 96}{\text{Ca } 67 - 72 \text{ Mg } 20 - 26} \text{ рН } 7,0 - 7,5$$

3.4.3. Висновки щодо вивчення радонових вод на Вугринівській ділянці

В результаті виконаних пошукових робіт в період 1987-1989 рр. були оцінені мінеральні радонові води Вугринівської ділянки по свердловинам №2180, 2181, 2185, в тому числі по свердловинам №№8-11МО вперше у кількості 105 м³/д. Тобто ця робота є доповненням до протоколу ДКЗ СРСР №8939 від 17.02.82 в кількості та за категоріями.

Св. №2180: категорія С₁ – 328 м³/д, вміст радону 1332 Бк/дм³;

Св. №2181: категорія С₁ – 114 м³/д, вміст радону 940 Бк/дм³;

Св. №2185: категорія С₁ – 231 м³/д, вміст радону 540 Бк/дм³;

Всього: категорія С₁ 673 м³/д.

Св. №8МО: категорія С₁ – 22 м³/д, вміст радону 977 Бк/дм³;

Св. №9МО: категорія С₁ – 22 м³/д, вміст радону 644 Бк/дм³;

Св. №10МО: категорія С₁ – 26 м³/д, вміст радону 315-932 Бк/дм³;

Св. №11МО: категорія С₁ – 35 м³/д, вміст радону 585 Бк/дм³;

Всього: категорія С₁ 105 м³/д.

Св. №5МО: категорії В – 20 м³/д, С₁ – 35 вміст м³/д (В+С₁ 55 м³/д), вміст радону 740-2220 Бк/дм³;

Св. №6МО: категорії В – 35 м³/д, С₁ – 72 вміст м³/д (В+С₁ 107 м³/д), вміст радону 630-1850 Бк/дм³;

Св. №7МО: категорії В – 38 м³/д, С₁ – 69 вміст м³/д (В+С₁ 107 м³/д), вміст радону 630-1850 Бк/дм³;

Всього: категорії В+С₁ 269 м³/д. Загалом по родовищу затверджено по категоріях В+С₁ 1047 м³/д.

В результаті проведених детальних геологорозвідувальних досліджень протоколом №195 від 31 березня 1994 станом на 01.11.1992 р. були затверджені балансові експлуатаційні запаси радонових вод Вугринівської ділянки Хмільницького родовища в наступній кількості:

Св. №2180-ц: категорії В – 311 м³/д, радону 370-1406 Бк/дм³;
 Св. №2185-ц: категорії В – 157 м³/д, С₁ – 68 м³/д (В+С₁ 225 м³/д), вміст радону 333-1000 Бк/дм³;
 Св. №5МО: категорія В – 10 м³/д, радону 740-1628 Бк/дм³;
 Св. №6МО: категорія В – 21 м³/д, вміст радону 518-925 Бк/дм³;
 Св. №7МО: категорія В – 15 м³/д, вміст радону 666-1110 Бк/дм³;
 Св. №8МО: категорія В – 20 м³/д, вміст радону 629-1406 Бк/дм³;
 Св. №9МО: категорія В – 20 м³/д, вміст радону 407-814 Бк/дм³;
 Св. №10МО: категорія В – 20 м³/д, вміст радону 259-703 Бк/дм³;
 Св. №11МО: категорія В – 32 м³/д, вміст радону 407-851 Бк/дм³;
 Св. №2181: категорія С₁ – 114 м³/д, вміст радону 740-1147 Бк/дм³;
 Св. №2182: категорія С₁ – 205 м³/д, вміст радону 333-814 Бк/дм³;
 Всього: категорії В+С₁ 996 м³/д.

Рішенням цього протоколу запаси по свердловинам №№5МО, 6МО, 7МО були повністю переоцінені. У відповідності до [25] все Хмільницьке родовище мінеральних радонових вод входить до переліку водних об'єктів, що відносяться до категорії лікувальних.

3.5. Острівне родовище (2008, 2017 рр.)

Протягом 2005-2007 рр. було проведено геолого-економічну оцінку Острівної ділянки Хмільницького родовища мінеральних радонових вод. За результатами цих робіт було виділено окреме родовище Острівне, яке включає в себе чотири ділянки.

Основні дані з узагальнених сучасних досліджень наведені в роботі Ляшенко П.О. «Геолого-економічна оцінка Острівної ділянки Хмільницького родовища мінеральних радонових вод, 2005-2007 р.р.». 2005 р. [36-39] та Шум І. «Геолого-економічна експлуатаційних запасів підземних мінеральних вод ділянки №4 Острівного родовища (свердловина №604-е) у м. Хмільник Вінницької області» 2017 р. [40].

Острівне родовище мінеральних радонових вод розташоване в межах

м. Хмільник Вінницької області у межах аркушу масштабу 1:200 000 М-35-XXII (Старокостянтинів) [12]. Родовище розташоване фактично в центрі міста і обмежене двома рукавами р. Південний Буг на острові, звідси і назва родовища. В даному звіту розглядались одночасно 4 ділянки:

- Ділянка №1 (свердловина №603-е), яка належить Медичний реабілітаційний центр «Південний Буг» (далі МРЦ «Південний Буг»). Підземні води даної ділянки використовуються для зовнішнього застосування;

- Ділянка №2 (свердловина №11-РК), яка належить Хмільницькій обласній фізіотерапевтичній лікарні, Підземні води даної ділянки використовуються для зовнішнього застосування;

Ділянка №3 (свердловини №№600-е, 44-е), яка належить Медичному центру залізничників. Підземні води із свердловини №600-е використовуються для зовнішнього застосування, із свердловини №44-е – для внутрішнього застосування;

- Ділянка №4 (свердловина №604-е), яка належить Агропромислового науково-виробничому підприємству «Візит» (далі АНВП «Візит»). Підземні води даної ділянки використовуються для зовнішнього застосування.

Всі свердловини розкривають водоносний комплекс тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію. Даною роботою були підтверджені експлуатаційні запаси по ділянках №№1, 2, 3. По ділянці №4 експлуатаційні запаси були апробовані.

3.5.1. Методика проведення робіт на Острівній ділянці

У відповідності до стадійності проведення геологорозвідувальних робіт був виконаний наступний комплекс робіт на родовищі: вивчення, збір і аналіз фондових матеріалів; санітарно-гідрогеологічне та екологічне обстеження району родовища; комплекс стандартних геофізичних досліджень, що включав себе гамма-каротаж (ГК), електро-каротаж, кавернометрію та витратометрію.

Проведення дослідних відкачок

Основною метою проведення дослідно-фільтраційних робіт було визначення та уточнення основних гідрогеологічних параметрів водоносного

комплексу тріщинуватої зони кристалічних порід та визначення кондиційних можливостей експлуатаційних свердловин Острівного родовища.

Відкачки із свердловин №№11-РК, 600-е, 603-е, 604-е, 44-е проводились при розосередженому синхронному збуренню на одне максимальне зниження рівня тривалістю по 15 діб кожна.

Дослідна відкачка по ділянці №1 Острівного родовища мінеральних радонових вод із свердловини №603-е проводилась в цілодобовому режимі з дебітом 120 м³/д (5 м³/год). Статичний рівень становив 2,28 м, при зазначеному дебіті зниження рівня становило 26,7 м.

Дослідна відкачка по ділянці №2 Острівного родовища мінеральних радонових вод із свердловини №11-РК проводилась в цілодобовому режимі з дебітом 95 м³/д (3,96 м³/год). Статичний рівень становив 5,43 м, при зазначеному дебіті зниження рівня становило 4,98 м.

Дослідна відкачка по ділянці №3 Острівного родовища мінеральних радонових вод із свердловини №44-е проводилась в цілодобовому режимі з дебітом 560 м³/д (23,3 м³/год). Статичний рівень становив 1,23 м, при зазначеному дебіті зниження рівня становило 8,06 м.

Із свердловини №600-е відкачка проводилась в цілодобовому режимі з дебітом 105 м³/д (4,37 м³/год). Статичний рівень становив 3,72 м, при зазначеному дебіті зниження рівня становило 23,2 м.

Дослідна відкачка по ділянці №4 Острівного родовища мінеральних радонових вод із свердловини №604-е проводилась в цілодобовому режимі з дебітом 150 м³/д (6,25 м³/год). Статичний рівень становив 5,75 м, при зазначеному дебіті зниження рівня становило 17,2 м.

За результатами відкачок були визначенні основні гідрогеологічні параметри, а саме водопровідність та п'єзопровідність. Слід відзначити, що коефіцієнт п'єзопровідності по свердловині №603-е не приймався до уваги при визначенні середнього значення.

№603-е	$a=8,9 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{д}$	$km=24 \text{ м}^2/\text{д}$
№11-РК	$a=1,3 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{д}$	$km=34 \text{ м}^2/\text{д}$

№44-е	$a=1,3 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{д}$	$km=31 \text{ м}^2/\text{д}$
№600-е	$a=1,2 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{д}$	$km=31 \text{ м}^2/\text{д}$
Середнє	$a=1,2 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{д}$	$km=30 \text{ м}^2/\text{д}$

3.5.2. Геологічна та гідрогеологічна будова Острівного родовища

Будова кристалічного фундаменту родовища є досить складною. В будові родовища приймають участь складно дислоковані докембрійські кристалічні породи у покрівлі яких залягають осадові відклади четвертинного віку малої потужності.

Геологічний розріз Ділянки №1 (св. №603-е) Острівного родовища наступний.

- Четвертинні відклади (Q) - представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ), що залягають в інтервалах 0,0-1,0 м (потужність до 1,0 м);
- Палеозойські відклади (MZ-KZ) - представлені корою вивітрювання кристалічних порід, що залягають в інтервалах 1,0-10,5 м (потужність 9,5 м);
- Докембрійські відклади (AR-PR₁) - представлені гранітами сірими, граніто-гнейсами, тріщинуватими, залягають в інтервалах 10,5-100,0 м (потужність 89,5 м);

Геологічний розріз Ділянки №2 (св. №11-РК) Острівного родовища наступний.

- Четвертинні відклади (Q) - представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ), пісками та суглинками, що залягають в інтервалах 0,0-5,3 м (потужність до 5,3 м);
- Палеозойські відклади (MZ-KZ) - представлені корою вивітрювання кристалічних порід, що залягають в інтервалах 5,3-8,2 м (потужність 2,9 м);
- Докембрійські відклади (AR-PR₁) - представлені гранітами сірими, граніто-гнейсами, тріщинуватими, залягають в інтервалах 8,2-100,0 м (потужність 91,8 м);

Середній геологічний розріз Ділянки №3 (св. №№44-е, 600-е) Острівного родовища наступний.

- Четвертинні відклади (Q) - представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ) та суглинками, що залягають в інтервалах 0,0-5,0 м (потужність до 5,0 м);

Палеозойські відклади (MZ-KZ) - представлені корою вивітрювання кристалічних порід, що залягають в інтервалах 5,0-15 м (потужність 10,0 м);

Докембрійські відклади (AR-PR₁) - представлені гранітами сірими, граніто-гнейсами, тріщинуватими, залягають в інтервалах 15,0-108,0 м (потужність 93,0 м);

Геологічний розріз Ділянки №4 (св. №604-е) Острівного родовища наступний.

Четвертинні відклади (Q) - представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ) та суглинками, що залягають в інтервалах 0,0-6,0 м (потужність до 6,0 м);

Палеозойські відклади (MZ-KZ) - представлені корою вивітрювання кристалічних порід, що залягають в інтервалах 6,0-14,0 м (потужність 8,0 м);

Докембрійські відклади (AR-PR₁) - представлені гранітами сірими, граніто-гнейсами, тріщинуватими, залягають в інтервалах 14,0-100,0 м (потужність 86,0 м);

В гідрогеологічному відношенні в межах родовища виділяють 2 основні водоносні горизонти та комплекси. Першим є - водоносний горизонт в неоплейстоценових та голоценових алювіальних відкладах, другим є водоносний комплекс тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію.

Водоносний комплекс тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію має повсюдне поширення і приурочений до верхньої тріщинуватої зони різних петрографічним складом і за віком кристалічних порід докембрію. Кристалічні породи докембрію в межах терас р. Південний Буг перекриті корою вивітрювання потужністю 0,5-10 м в залежності від території. У процесі пошукових і розвідувальних робіт в межах Хмільницького родовища мінеральних радонових підземних вод методом витратометрії було встановлено, що інтервали водоприпливів підземних вод простежуються до глибини 60-80 м.

Водоносний комплекс є напірним. Величина напору змінюється в широких межах, а саме 2,5-40 м. Падіння напору здійснюється від ділянок плато до долин річок, які є природними областями розвантаження тріщинних вод.

У місцях відсутності верхнього водотриву тріщинні води мають

гідравлічний взаємозв'язок з водоносними горизонтами, які розташовані вище та з водами поверхневих водотоків. Глибина до п'єзометричного рівня в залежності від рельєфу змінюється в межах 1,1-7,5 м.

Водозбагаченість горизонту, в основному, залежить від ступеню тріщинуватості порід і стану самих тріщин. Коефіцієнти п'єзопровідності переважно становлять $1,6 \cdot 10^3 - 9 \cdot 10^3$ м²/д. Водопровідність горизонту тріщинуватої зони становить 10,0-30,0 м²/д.

Живлення водоносного комплексу відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, а також (в місцях відсутності верхнього водотриву) за рахунок перетікання із залягаючих вище водоносних горизонтів осадової товщі.

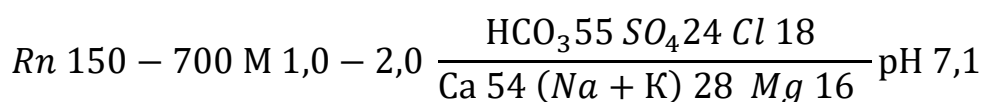
3.5.3. Характеристика якості води Острівного родовища

Острівне родовище мінеральних радонових вод розкриває водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію та експлуатується Ділянками №№1, 2, 3, 4. Додатково, в даній роботі, експлуатаційні запаси по ділянці №4 свердловина №604-е були апробовані.

За результатами проведених хімічних досліджень було встановлено, що підземні води відносяться до складного аніонного та катіонного складу малої мінералізації. Для них характерна нейтральна-слаболужна реакція.

Слід зауважити, що по свердловині №44-е (ділянка №3) вміст радону знаходиться нижче бальнеологічної норми, а саме в межах 165-183 Бк/дм³. Підземні води даної свердловини є маломінералізованими з підвищеним вмістом органічних речовин і можуть використовуватись в лікувальній практиці при внутрішньому застосуванні. Згідно довідки про кондиції в межах Острівного родовища (ділянки №№1, 2, 3) було виявлено два типи мінеральних вод: радонові – свердловини №№600-е, 603-е, 11-РК та з високим вмістом органічних речовин – свердловина №44-е. Вони відповідають наступним формулам:

Ділянка №1 свердловина №603-е.



Ділянка №2 свердловина №11-РК.

$$Rn\ 30 - 1200\ M\ 1,3 - 1,5 \frac{HCO_3\ 76\ Cl\ 12\ SO_4\ 10}{(Na + K)\ 43\ Ca\ 38\ Mg\ 20} \text{ рН } 7,1$$

Ділянка №3 свердловини №600-е.

$$Rn\ 100 - 600\ M\ 1,4 - 1,6 \frac{HCO_3\ 55\ SO_4\ 20\ Cl\ 18}{Ca\ 49\ (Na + K)\ 35\ Mg\ 18} \text{ рН } 7,2$$

Ділянка №3 свердловини №44-е.

$$Rn\ 165 - 183\ M\ 1,1 \frac{HCO_3\ 59\ Cl\ 26\ SO_4\ 14}{Ca\ 50\ (Na + K)\ 32\ Mg\ 18} \text{ рН } 7,2$$

Ділянка №4 свердловини №604-е.

$$Rn\ 185 - 650\ M\ 1,2 - 2,0 \frac{HCO_3\ 74\ Cl\ 14\ SO_4\ 11}{(Na + K)\ 43\ Ca\ 40\ Mg\ 16} \text{ рН } 7,2$$

3.5.4. Висновки щодо вивчення радонових вод Острівного родовища

За результатами виконаних геологорозвідувальних робіт з оцінки експлуатаційних запасів ділянок №№1, 2, 3, 4 Острівного родовища мінеральних радонових вод у Хмільницькому районі Вінницької області було виконано:

- комплекс лабораторних гідрохімічних досліджень по виявленню та встановленню кондиційності мінеральних радонових вод ділянок №№1, 2, 3, 4 Острівного родовища, вміст радону у воді по свердловинах №№600-е, 603-е, 11-РК становить 30-1200 Бк/дм³;

- мінеральні радонові води свердловини №44-е визнані кондиційними з підвищеним вмістом органічних речовин і можуть використовуватись в лікувальній практиці при внутрішньому застосуванні, вміст радону становить 165-183 Бк/дм³.

- експлуатаційні запаси по ділянці №4 свердловина №604-е були апробовані за результатами цих геологорозвідувальних робіт.

- протоколом ДКЗ України від 26 травня 2008 р. №1512 станом на 01.05.2008 р. були затверджені балансові експлуатаційні запаси мінеральних радонових лікувальних підземних вод, в кількості:

Ділянка №1 (св. №603-е): категорії В – 62 м³/д, С₁ – 13 м³/д (В+С₁ 75 м³/д),

вміст радону 150-700 Бк/дм³;

Ділянка №2 (св. №11-РК): категорії В – 65 м³/д, С₁ – 25 м³/д (В+С₁ 90 м³/д),

вміст радону 30-1200 Бк/дм³;

Ділянка №3 (св. №600-е): категорії В – 90 м³/д, С₁ – 10 м³/д (В+С₁ 100 м³/д),

вміст радону 100-600 Бк/дм³;

Ділянка №3 (св. №44-е): категорії В – 22 м³/д, С₁ – 68 м³/д (В+С₁ 90 м³/д),

вміст радону 165-183 Бк/дм³. Ця свердловина використовується для внутрішнього застосування.

Всього: категорії В+С₁ 355 м³/д.

- протоколом ДКЗ України від 27 грудня 2017 р. №4248 станом на 01.10.2017 р. були затверджені балансові експлуатаційні запаси радонових мінеральних підземних вод по свердловині №604-е за категоріями: А – 42 м³/д, В – 46 м³/д, С₁ – 62 м³/д (всього 150 м³/д).

3.6. Голодківська та Курортна ділянки Хмільницького родовища (2021 р.)

Протягом 2018-2020 рр. було проведено переоцінку експлуатаційних запасів мінеральних радонових вод Голодківської ділянки (свердловини №№1983, 1981-1) та Курортної ділянки (свердловини №№5-рк, 8-рк, 18-рк) Хмільницького родовища Шум І. «Геолого-економічна переоцінка експлуатаційних запасів підземних мінеральних радонових вод Голодківської ділянки (св.№№1981-1, 1983) та ділянки Курортна (св.№№5-рк, 8-рк, 18-рк) Хмільницького родовища у м. Хмільник Вінницької області» 2021 р. [3, 41].

У відповідності до існуючого спеціального дозволу на користування надрами Голодківська ділянка складається із свердловин №№1983, 1981-1. У відповідності до існуючого спеціального дозволу на користування надрами Курортна ділянка складається із свердловин №№5-рк, 6-рк, 8-рк, 18-рк.

Свердловина №6-рк з технічних причин була виведена з експлуатації надрокористувачем і в подальшому буде використовуватись в якості спостережної. Експлуатація обох ділянок відбувається в цілодобовому

переривчастому режимі, а саме з 7 до 17 години.

3.6.1. Методика проведення робіт на Голодківській та Курортній ділянках

У відповідності до стадійності проведення геологорозвідувальних робіт був виконаний наступний комплекс робіт на родовищі: вивчення, збір і аналіз фондових матеріалів; санітарно-гідрологічне та екологічне обстеження району родовища; комплекс стандартних геофізичних досліджень в межах Курортної ділянки по свердловинах №№5-рк, 8-рк, 18-рк, що включав себе гамма-каротаж (ГК), електро-каротаж, кавернометрію та витратометрію.

Проведення дослідних відкачок на Голодківській ділянці.

Технічним завданням було передбачено збільшення використання мінеральних радонових вод по Голодківській ділянці майже вдвічі: №1981-1 – 150 м³/д; №1983 - 110 м³/д.

З цією метою була проведена безперервна дослідна групова відкачка із свердловин №№1981-1, 1983, яка тривала 170 діб. В якості спостережної виступала свердловина №1989.

Під час проведення групової відкачки свердловини №1981-1 статичний рівень становив 2,9 м, при дебіті, що становив 6,26 м³/год (або 150 м³/д) зниження рівня зафіксоване на глибині 4,97 м.

Під час проведення групової відкачки свердловини №1983 статичний рівень становив 1 м, при дебіті, що становив 4,75 м³/год (або 114 м³/д) зниження рівня зафіксоване на глибині 18,9 м.

Сумарний дебіт групової відкачки становив 264 м³/д, що відповідає вимогам технічного завдання.

Проведення дослідних відкачок на Курортній ділянці.

Технічним завданням був передбачений перспективний водовідбір мінеральних радонових вод Курортної ділянки із свердловин №№5-рк, 8-рк, 18-рк – 65 м³/д. З метою визначення характеру змін рівня підземних вод та їх якості в часі був проведений доволі тривалий дослідний видобуток із свердловин №№5-рк, 8-рк, 18-рк Курортної ділянки (при заданому щодобовому

регулярному водовідборі у обсязі 65 м³/д) тривалістю 170 діб.

Під час проведення відкачки свердловини №5-рк статичний рівень становив 7,2 м, при дебіті, що становив 1 м³/год при добовому навантаженні 7-12 м³/д і в середньому склав 10 м³/д зниження рівня зафіксоване на глибині 10,51 м.

Під час проведення відкачки свердловини №8-рк статичний рівень становив 5,5 м, при дебіті, що становив 1,36 м³/год при добовому навантаженні 8-14 м³/д і в середньому склав 13 м³/д зниження рівня зафіксоване на глибині 35,7 м.

Під час проведення відкачки свердловини №18-рк статичний рівень становив 6,77 м, при дебіті, що становив 5 м³/год при добовому навантаженні 33-50 м³/д і в середньому склав 42 м³/д зниження рівня зафіксоване на глибині 9,8 м.

Основною метою проведення дослідних відкачок в межах Голодківської ділянки (свердловини №№1983, 1981-1) та Курортної ділянки (свердловини №№5-рк, 8-рк, 18-рк) Хмільницького родовища було встановлення якісних показників підземних вод в процесі довготривалих відкачок.

Зважаючи на той факт, що в звіті підрахунок запасів проводився гідравлічним методом із застосуванням балансового, визначення основних гідрогеологічних параметрів за даними дослідно-фільтраційних робіт не проводилось. Коефіцієнт водопровідності був використаний із фондів матеріалів, що склав: св. №1981-1 – 64 м²/д, св.№1983 - 40 м²/д (середнє значення 52 м²/д).

3.6.2. Геологічна та гідрогеологічна будова на Голодківській та Курортній ділянках

Будова кристалічного фундаменту родовища є досить складною. Район родовища просторово приурочений до Хмільницької тектонічної зони.

В геологічній будові Голодківської та Курортної ділянок Хмільницького родовища приймають участь кристалічні породи докембрійського фундаменту, представлені метаморфічними породами палеоархею та ультраметаморфічними

утвореннями палеопротерозою, мезокайнозойська кора вивітрювання та залягаючі в покрівлі осадові відклади неогенової і четвертинної систем.

На площі родовища поширені розривні порушення північно-західного, субмеридіонального, північно-східного та субширотного напрямків. За умовами утворення розривні порушення є вертикальними і крутопадаючими скидами, зсувами та скидо-зсувами, зонами розсувів і розривів з інтенсивною відкритою і глибокопроникаючою тріщинуватістю, зонами стиснення, представленими подрібненими, катаклазованими і молонітизованими породами [3].

Геологічний розріз Голодківської ділянки (св. №№1983, 1981-1) Хмільницького родовища наступний.

Четвертинні відклади (Q)	- представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ) та суглинками, що залягають в інтервалах 0,0-6,0 м (потужність до 6,0 м);
Неогенові відклади (N ₁ s)	- представлені глинами та супісками, що залягають в інтервалах 6,0-10,0 м (потужність до 4,0 м);
Палеозойські відклади (MZ-KZ)	- представлені корою вивітрювання кристалічних порід, що залягають в інтервалах 10,0-19,2 м (потужність 9,2 м);
Докембрійські відклади (PR ₁)	- представлені гранітами сірими, мігматити гранат-біотитові, тріщинуватими, залягають в інтервалах 19,2-150 м (потужність до 130,8 м). В межах свердловини №1981-1 розкрита потужність в інтервалах 15,0-69,0 м (потужність 54,0 м)

Геологічний розріз Курортної ділянки (св. №№5-рк, 8-рк, 18-рк) Хмільницького родовища наступний.

Четвертинні відклади (Q)	- представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ) та суглинками, що залягають в інтервалах 0,0-6,0 м (потужність до 6,0 м);
Неогенові відклади (N ₁ s)	- представлені глинами та супісками, що залягають в інтервалах 6,0-10,0 м (потужність до 4,0 м);
Палеозойські відклади (MZ-KZ)	- представлені корою вивітрювання кристалічних порід, що залягають в інтервалах

Докембрійські відклади (PR₁) 10,0-19,2 м (потужність 9,2 м);
- представлені гранітами сірими, мігматити гранат-біотитові, тріщинуватими, залягають в інтервалах 19,2-150 м (потужність до 130,8 м). В межах свердловини №1981-1 розкрита потужність в інтервалах 15,0-69,0 м (потужність 54,0 м)

Геологічний розріз Курортної ділянки (св. №№5-рк, 8-рк, 18-рк) Хмільницького родовища наступний.

Четвертинні відклади (Q) - представлені ґрунтово-рослинним шаром (ГРШ) та суглинками, що залягають в інтервалах 0,0-7,3 м (потужність до 7,3 м);

Неогенові відклади (N_{1 s}) - представлені супісками ущільненими, в нижній частині – пісковик глинистий, що залягають в інтервалах 7,3-16,3 м (потужність до 9,0 м);

Палеозойські відклади (MZ-KZ) - представлені корою вивітрювання кристалічних порід, що залягають в інтервалах 16,3-26,3 м (потужність 10,0 м);

Докембрійські відклади (PR₁) - представлені гранітами сірими, залягають в інтервалах 26,3-136,0 м (потужність до 109,7 м). В межах свердловин №№5-рк, 8-рк розкрита потужність в інтервалах 26,3-83,0 м (потужність 56,7 м) та в інтервалах 24,7-105,0 м (потужність 80,3 м) відповідно.

В гідрогеологічній будові в межах родовища виділяють 4 основні водоносні горизонти та комплекси. Зважаючи на той факт, що основним є водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід, зупинимось на ньому більш детально.

Водоносний комплекс тріщинуватої зони кристалічних порід на території родовища має повсюдне поширення. В гідрогеологічному відношенні територія представляє собою гідрогеологічний масив, в межах якого радонові води генетично пов'язані з водоносним комплексом зони активної тріщинуватості. Граніти в межах родовища залягають на глибинах в межах від 3-5 до 40-60 м.

За результатами геофізичних досліджень було встановлено, що інтервали

водоприпливів становлять потужністю 0,5-2 м і розташовані на глибинах не більше 30,0м від поверхні кристалічних порід – це зона тріщинуватості вивітрювання. Тектонічна тріщинуватість прослідковується на глибину більше 50 м від поверхні кристалічних порід і їй властиві більш низькі фільтраційні параметри.

Водоносний комплекс має напірні властивості, величини напорів коливаються від 10 до 40 м. Водозбагаченість кристалічних порід, як і вцілому по Хмільницькому родовищу є нерівномірною і повністю залежить від ступеню їх тріщинуватості.

Дебіти експлуатаційних свердловин Голодківської та Курортної ділянок коливаються від 0,54 до 2,5 дм³/с при зниженнях рівня від 2,7 м до 54,0 м, питомі дебіти – 0,01-0,7 дм³/с.

Живлення тріщинних вод здійснюється за рахунок перетікання з вищезалягаючих водоносних горизонтів, розвантаження – в долині р. Південний Буг [3].

3.6.3. Характеристика якості води на Голодківській та Курортній ділянках

В межах Голодківської (свердловини №№1983, 1981-1) та Курортної ділянок (свердловини №№5-рк, 8-рк, 18-рк) Хмільницького родовища мінеральних радонових вод розритий водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію. За результатами проведених хімічних досліджень було встановлено, що підземні води відносяться до гідрокарбонатних кальцієвих, магнієво-кальцієвих. Для них характерна нейтрально-слаболужна реакція. Якість підземних вод відповідає формулам:

Голодківська ділянка свердловини №№1981-1, 1983.

$$Rn\ 185 - 1480\ M\ 0,6 - 0,7\ \frac{HCO_3\ 84 - 92}{Ca\ 56 - 78\ Mg\ 19 - 29}\ pH\ 6,9$$

Курортна ділянка свердловина №5-рк.

$$Rn\ 200 - 2500\ M\ 0,7 - 0,8\ \frac{HCO_3\ 79 - 90}{Ca\ 54 - 76\ Mg\ 18 - 27}\ pH\ 6,9$$

Курортна ділянка свердловини №№8-рк, 18-рк

$$Rn\ 185 - 1480\ M\ 0,7 - 0,8\ \frac{HCO_3\ 79 - 90}{Ca\ 54 - 76\ Mg\ 18 - 27}\ pH\ 6,9$$

3.6.4. Висновки щодо вивчення радонових вод на Голодківській та Курортній ділянках

За результатами виконаних геологорозвідувальних робіт з оцінки експлуатаційних запасів Голодківської та Курортної ділянок Хмільницького родовища мінеральних радонових вод для зовнішнього лікування було виконано:

- комплекс лабораторних гідрохімічних досліджень по виявленню та встановленню кондиційності мінеральних радонових вод Голодківської та Курортної ділянок Хмільницького родовища, вміст радону у воді по свердловинах №№1981-1, 1983, 8-рк, 18-рк становить 185-1480 Бк/дм³;

- мінеральні радонові води свердловини №5-рк в окремі періоди експлуатації вміст радону виходить за межі кондицій (4485,9 Бк/дм³), тому експлуатація даної свердловини потребує детального довивчення. Використовувати підземні радонові води свердловини №5-рк можливо лише за умови змішування з водами інших свердловин ділянок Голодківська або Курортна до доведення якості встановленим кондиціям.

- протоколом ДКЗ України від 17 червня 2021 р. №5321 Голодківської (св. №№1981-1, 1983) та Курортної ділянок (св. №№5-рк, 8-рк, 18-рк) Хмільницького родовища станом на 01.05.2021 р. були затверджені балансові експлуатаційні запаси мінеральних радонових підземних вод загальнодержавного в кількості [3]:

Ділянка Голодківська:

Св. №№1981-1, 1983: категорії А – 90 м³/д, В – 60 м³/д, С₁ – 110 м³/д (А+В+С₁ 260 м³/д), вміст радону 185-1480 Бк/дм³;

Ділянка Курортна:

Св. №№15-рк, 8-рк, 18-рк: категорії А – 50 м³/д, В – 15 м³/д (А+В 65 м³/д), вміст радону по св. №5-рк 200-2500 Бк/дм³, по св. №№8-рк, 18-рк 185-

1480 Бк/дм³.

Всього по двох ділянках:

Ділянка Голодківська А+В+С₁ 260 м³/д.

Ділянка Курортна А+В 65 м³/д.

Слід відзначити, що протоколом ДКЗ України запаси по свердловинам не були розподілені, а оцінені в цілому. Проте виходячи із матеріалів геолого-економічної оцінки маємо наступне навантаження на кожні свердловину:

- Голодківська ділянка: св. №1981-1 – 150 м³/д, св. №1983 – 110 м³/д.

- Курортна ділянка: св. №5-рк – 10 м³/д, св. №8-рк – 13 м³/д, в. №18-рк – 42 м³/д.



Рисунок 3.4 – Космознімок розташування родовищ радонових вод м. Хмельник

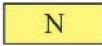








УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ		
	Відклади неогенової системи міоценового відділу	
	Відклади палеоархейська еономемі	
	Район поширення радонових вод	
Розривні порушення		
		Головні: достовірні (1), ймовірні (2)
		Другорядні: достовірні (1), ймовірні (2)
		Локальні: достовірні (1), ймовірні (2)

Рисунок 3.6 – Умовні позначення до геологічної карти дочетвертинних утворень.

Масштаб 1:200 000. Аркуш М-35-XXII (Старокостянтинів) [12].

РОЗДІЛ 4. ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ТА КОЛИВАНЬ ВМІСТУ РАДОНУ У ВОДАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО БАСЕЙНУ ТРИЩИННИХ ВОД

4.1. Кількісний розподіл родовищ мінеральних радонових вод

Загалом було проаналізовано 9 звітів, щодо геологорозвідувальних робіт в межах Житомирської області. Дослідження, щодо розвідки мінеральних радонових вод в межах Житомирської області були виконані на різних стадіях геологорозвідувальних робіт – від пошукових до детальної розвідки.

У відповідності до чинного законодавства [15] радоновими вважаються підземні води вміст лікувального компонента в яких перевищує або дорівнює 185 Бк/дм³. Згідно [14] мінеральні радонові води мають наступні критерії по лікувальним властивостям із вмістом специфічних компонентів:

- дуже слабкорадонові – 185-740 Бк/дм³;
- слабкорадонові – 740-1480 Бк/дм³;
- середньорадонові – 1480-7400 Бк/дм³;
- високорадонові – >7400 Бк/дм³;

В межах Житомирської області було розвідано 5 родовищ мінеральних радонових вод. На сьогоднішній момент за результатами детальної геолого-економічної оцінки та у відповідності до встановлених кондицій працює лише одне родовище – Денишівське родовище мінеральних радонових вод.

Відповідно до розділу 2, можна зробити висновок, що Житомирська область має значний потенціал до збільшення мінерально-сировинної бази України. На зазначеній території набули поширення дуже слабкорадонові підземні води із концентрацією радону на рівні 192-659 Бк/дм³, слабкорадонові підземні води із концентрацією радону на рівні 814-1221 Бк/дм³ мінеральні води та змішаного типу із концентрацією радону на рівні 192-1470 Бк/дм³.

У кількісному відношенні: дуже слабкорадонові – 1162 м³/д (52,44%), слабкорадонові - 551 м³/д (24,86%), змішаного типу - 503 м³/д (сумарно 22,7%). Нижче приводимо діаграму кількості затверджених запасів в межах Житомирської області.

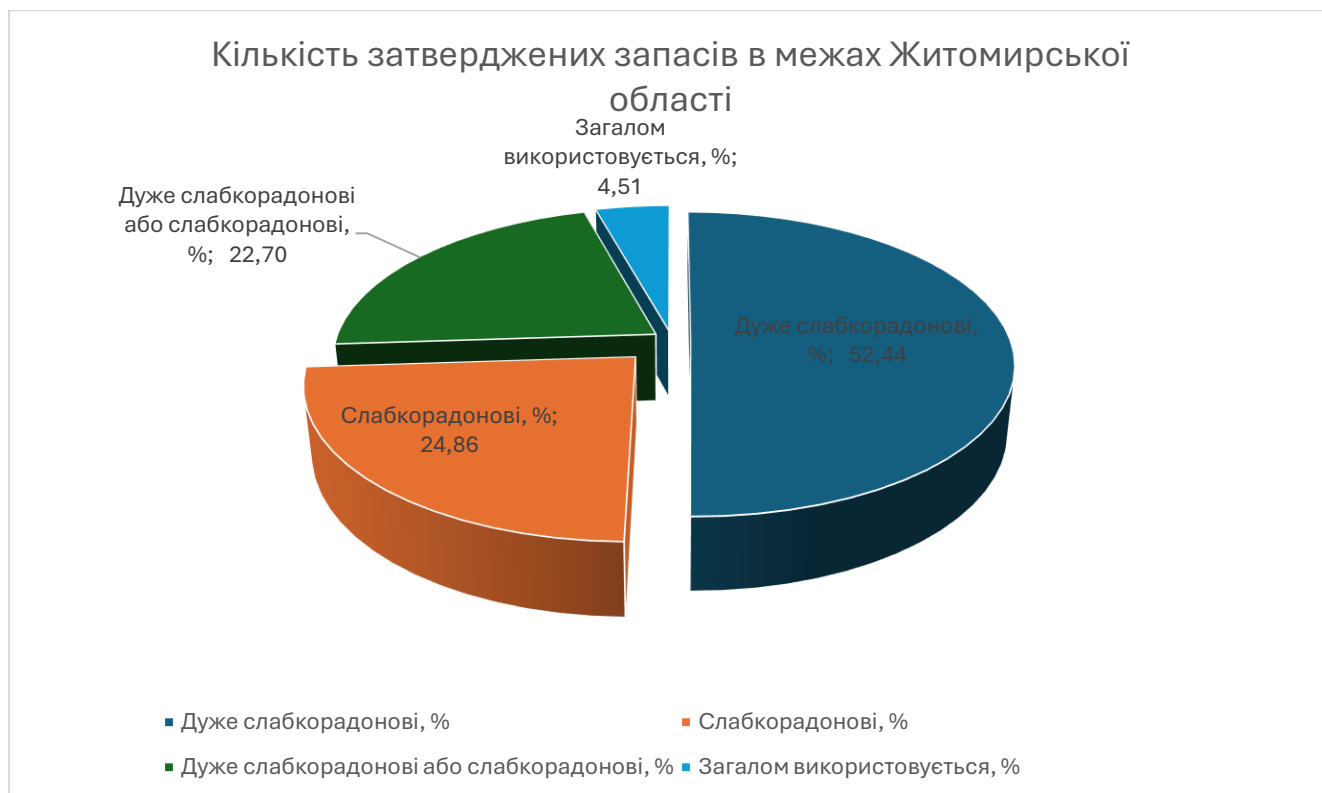


Рисунок 4.1 – Кількість затверджених запасів в межах Житомирської області

Як видно з діаграми, наразі в межах Житомирської області використовується лише 4,51% затверджених запасів із потенційно можливих.

Структуровані дані, щодо кількості затверджених запасів, категорій та концентрації радону приводяться в текстовому додатку П.

Слід відзначити, що під час оцінки експлуатаційних запасів по Корбутовській ділянці Житомирського родовища 1978 р. свердловина №545р/е була визнана некондиційною. Проте в перерахунку на сьогоднішній момент концентрація вмісту радону становила 259 Бк/дм³, що відповідає діючим стандартам. Тому запаси по цій свердловині потенційно можуть бути використані.

В межах Вінницької області було розвідано лише 2 родовища мінеральних радонових вод: Немирівське та Хмільницьке родовища. Слід зазначити, що Хмільницьке родовище мінеральних радонових вод складається з 5 ділянок, по яких затверджені запаси в різні роки: Курортна, Лісова, Острівна, Голодківська, Вугринівська. В роки незалежності Острівна ділянка була визнана Острівним

родовищем, яка в свою чергу поділяється на Ділянки №№1, 2, 3, 4.

Загалом було проаналізовано 14 звітів, щодо геологорозвідувальних робіт в межах Вінницької області. Дослідження, щодо розвідки мінеральних радонових вод в межах Вінницької області були виконані на різних стадіях геологічних досліджень – від пошукових до детальної розвідки.

На сьогоднішній момент за результатами детальної геолого-економічної оцінки та у відповідності до встановлених кондицій працюють декілька окремих родовищ: Немирівське, Острівне родовище, Голодківська та Курортна ділянки Хмільницького родовища.

Відповідно до розділу 3, можна зробити висновок, що Вінницька область також має потенціал до збільшення мінерально-сировинної бази України. На зазначеній території набули поширення наступні різновиди мінеральних радонових вод:

- дуже слабкорадонові - концентрація радону на рівні 165-740 Бк/дм³;
- слабкорадонові - концентрація радону на рівні 940-1332 Бк/дм³;
- дуже слабкорадонові та слабкорадонові - концентрація радону на рівні 30-1480 Бк/дм³;
- дуже слабкорадонові, слабкорадонові та середньорадонові- концентрація радону на рівні 200-2500 Бк/дм³;
- слабкорадонові та середньорадонові- концентрація радону на рівні 740-1628 Бк/дм³.

У кількісному відношенні: дуже слабкорадонові – 2290 м³/д (53,57%); слабкорадонові - 548 м³/д (12,82%); дуже слабкорадонові та слабкорадонові– 1417 м³/д (33,15%); змішаного типу – по 10 м³/д на кожен підтип (0,23% на кожен відповідно). Нижче приводимо діаграму кількості затверджених запасів в межах Вінницької області.



Рисунок 4.2 – Кількість затверджених запасів в межах Вінницької області
 Як видно з діаграми, наразі в межах Вінницької області використовується лише 20,94% затверджених запасів із потенційно можливих.

Детальні структуровані та адаптовані дані, щодо кількості затверджених запасів, категорій та вмісту концентрації радону приводяться в текстовому додатку Р.

Виходячи з наведеного вище, можна прийти до висновку, що територія Північно-Західної гідрогеологічної області Українського басейну тріщинних вод вивчена на достатньому рівні.

Загальна кількість затверджених експлуатаційних запасів мінеральних радонових підземних вод, що локалізовані в межах Житомирської та Вінницької областей становить 6491 м³/д. З цієї кількості на затверджених експлуатаційних запасах, які відповідають встановленим нормативним вимогам у відповідності до чинного законодавства України використовується лише 995 м³/д або 15,33% від загальної кількості затверджених запасів. Нижче приводимо діаграму кількості

затверджених запасів в межах Північно-Західної гідрогеологічної області Українського басейну тріщинних вод.



Рисунок 4.3 – Загальна кількість затверджених запасів Північно-Західної частини Українського басейну тріщинних вод.

На сьогоднішній момент на території України із 1996 р. діє ГСТУ 42.10-02-96 «Води мінеральні лікувальні. Технічні умови» [15] у відповідності до якого, вміст концентрації радону вимірювався у Бк/дм³.

В країнах, де набули поширення мінеральні лікувальні води чітких однотипних критеріїв в нормативній базі немає. Також не у всіх країнах є поділ на використання мінеральних вод окремо для внутрішнього та зовнішнього використання. Це пов'язано із багатьма факторами, але основним з них є геологічна будова тої чи іншої території.

Для порівняння приведемо деякі бальнеологічні норми на вміст радону в мінеральних водах Європи: Україна – від 185 Бк/дм³ [15], Польща - від 74 Бк/дм³

[42], Чехія – від 1500 Бк/дм³ [43], Румунія – відсутні нормативні вимоги.

Загалом, радон як радіоактивний елемент у більшості країнах Європи контролюється з точки зору радіаційної безпеки, а не як бальнеологічного значущий елемент у мінеральних водах. Всі члени Європейського союзу керуються Директивою Euratom 2013/51/Euratom [44], у відповідності до якої концентрація радону в питних водах не має перебільшувати 100 Бк/дм³, такі ж самі норми діють і в Україні та регламентуються Державними санітарними нормами та правилами «Гігієнічні вимоги до води питної призначеної для споживання людиною (ДСанПіН 2.2.4 – 171 – 10)», 2010 [45].

Найвідоміші санітарно-курортні лікувальні ділянки: Польща - Свєрадова-Здруй із концентрацією радону 42-1095 Бк/дм³, Льондек-Здруй із концентрацією радону 94-1336 Бк/дм³; Чехія - Яхімовська купель є високорадоновим курортом де концентрація радону може досягати 5 000-24 000 Бк/дм³; Румунія - Бейле-Херкулане із концентрацією радону 20-780 Бк/дм³, Бейле-Оленешть із концентрацією радону 660 Бк/дм³.

Зважаючи на все вищезазначене можна зробити висновок, що існуючі на сьогоднішній момент вже розвідані родовища мають значний потенціал для подальшого використання, зважаючи на кондиційність мінеральних радонових вод в межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинних вод та практично відсутність конкуренції у бальнеологічних властивостях сусідніх країн.

4.2. Трансформація якісного складу мінеральних радонових вод

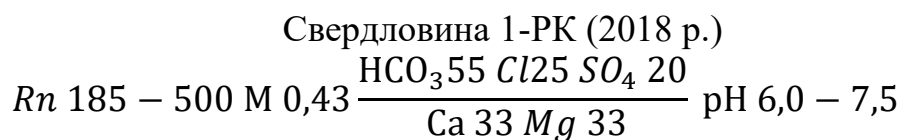
Одним із завдань цієї роботи був аналіз та обґрунтування змін якісного складу радонових вод в межах ділянок, що досліджуються.

В межах Житомирської області наразі діє лише одне родовище, яке представлене свердловиною №1-РК. Гідрогеологічні дослідження були проведені у 1978 р та 2018 р. та описані у розділі 2.5.

Якісні показники хімічного складу підземних вод можна описати формулою Курлова:

$$Rn\ 814 - 1073\ M0,35 \frac{\text{Свердловина 1-РК (1978 р.)}}{\text{HCO}_3\ 73\ \text{SO}_4\ 18} \text{pH } 7,0$$

$$\text{Ca } 40\ \text{Mg } 26\ \text{Na } 14$$



Порівнюючи результати хімічних аналізів із різницею у 40 років можна дійти до висновку, що за співвідношенням основних аніонів і катіонів підземні води є слабкомінералізованими гідрокарбонатними сульфатними кальцієвими магнієвими. Для них характерна нейтральна-слаболужна реакція. Тобто основні макрокомпонентні показники зазнали невеликих змін. Це стосується, насамперед, вмісту хлоридів у 2018 р. Значні зміни зазнав основний компонент – радон.

Підземні води із свердловини №1-РК із слабкорадонових були переведені у відповідності до чинного законодавства до дуже слабкорадонових.

Така ж сама ситуація сталась і з концентрацією вмісту радону по свердловинам №№2-РК, 7-Р. Не зважаючи на той факт, що по свердловинах №№2-РК, 7-Р не було виконано переоцінку запасів, регулярні хімічні аналізи проб води по визначенню вмісту радону проводились в період 2005-2018 рр. Проаналізуємо за існуючими даними трансформацію якісного складу концентрації вмісту радону по свердловинам Денишівського родовища.

Тривалість дослідно-експлуатаційної відкачки у 1979 р. склала 14 місяців (розділі 2.5). Протягом 30 діб було проведено цілодобову відкачку зі свердловин №№1-РК, 2-РК з дебітами 278,7 та 86,4 м³/д відповідно. Потім, протягом 31 діб проведена цілодобова відкачка зі свердловин №№1-РК, 2-РК з дебітами 187,8 та 43,2 м³/д.

Надалі проводились довгострокові відкачки із свердловин №№1-РК, 2-РК, 7-Р тривалістю 357, 375 та 214 діб відповідно. Особливістю цих відкачок було в тому, що водовідбір із свердловин формувався із розрахунку на 10 годин роботи і становив: св. №1-РК – 100 м³/д при концентрації радону 766 Бк/дм³, св. №2-РК – 32 м³/д при концентрації радону 995,3 Бк/дм³, св. №7-Р – 28 м³/д при концентрації радону 377,4 Бк/дм³. Нижче приводяться результати саме цих досліджень. Відзначимо, що у звітних матеріалах приводяться якісні показники не за весь період відкачок.

У 2018 р. відкачка із свердловини №1-РК проводилась протягом 3-х

місяців із дебітом 100 м³/д.

Аналізуючи графік промислового видобутку коливання вмісту радону (рисунок 4.4) із свердловини №1-РК Денишівського родовища за 2005-2018 рр. можна відзначити:

- на початковому періоді в інтервалі 2005-2011 рр. концентрація вмісту радону має тенденції до зменшення із 340 Бк/дм³ до 120 Бк/дм³, що не є медично-цінними водами у відповідності до чинного законодавства. Це може бути пов'язане із зменшенням емануючої здатності порід, або кольматацією радонових тріщин;

- період стабілізації концентрації вмісту радону чітко простежується в період 2012-2015 рр. В цей період концентрація вмісту радону досі була низька і становила 150-220 Бк/дм³;

- період збільшення концентрації вмісту радону в період 2016-2018 рр. з 180 до 360 Бк/дм³. Тобто в цей період чітко простежується активізація процесів надходження радону.

Поліноміальна лінія тренду (ступінь 2) із коефіцієнтом детермінації $R^2=0,3331$ пояснює біля 33% варіацій концентрації радону, це вказує на доволі довгострокову тенденцію: зниження → стабілізація → зростання.

Поліноміальна лінія тренду (ступінь 2) із коефіцієнтом детермінації $R^2=0,1039$ пояснює біля 10% варіацій загального водовідбору, це є дуже низьке значення і кореляцію даних не забезпечує.

Проте чітко простежується тенденція залежності загального водовідбору і концентрації радону за період липень-жовтень 2017 р.

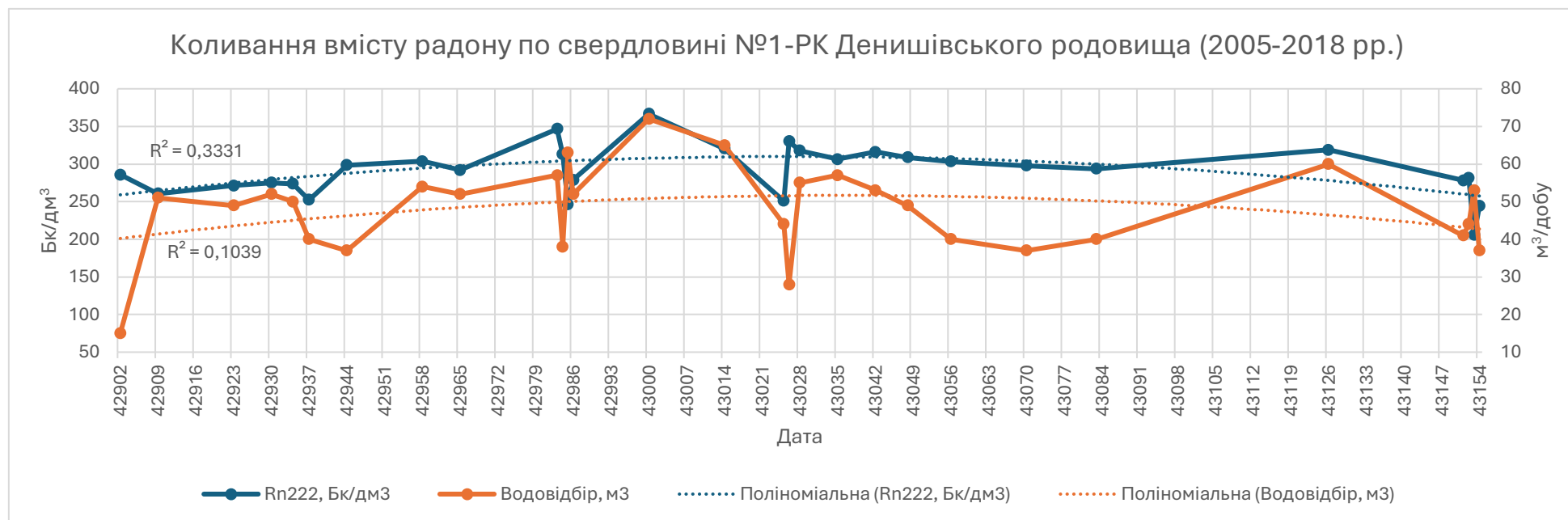


Рисунок 4.4 – Коливання вмісту радону по свердловині №1-РК Денишівського родовища (2005-2018 рр.)



Рисунок 4.5 – Коливання вмісту радону по свердловині №1-РК Денишівського родовища (1979 р)

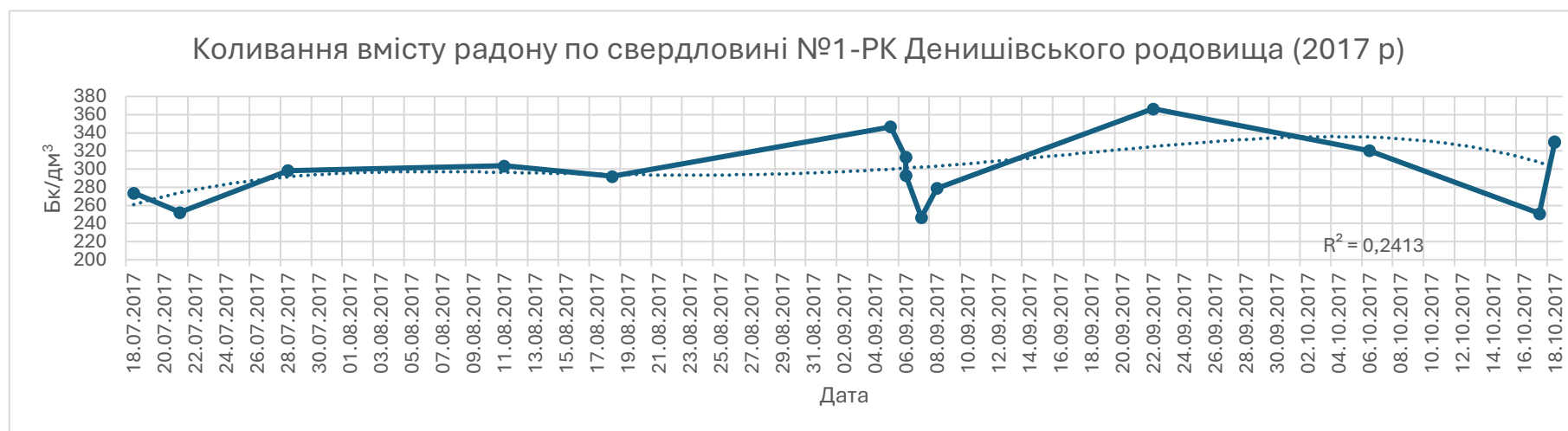


Рисунок 4.6 – Коливання вмісту радону по свердловині №1-РК Денишівського родовища (2017 р)

Виконаємо аналіз досліджень концентрації вмісту радону під час різних геолого-економічних оцінок у 1979 р. та у 2018 р. під час проведення дослідно-фільтраційних робіт по свердловині №1-РК.

Аналізуючи графік 1979 р. (рисунок 4.5) можна відзначити наступне:

- протягом першої доби відкачки спостерігалось стабільна концентрація вмісту радону в межах 620-670 Бк/дм³;
- період збільшення концентрації вмісту радону починається із 30 листопада і має чіткі тенденції до збільшення до 760 Бк/дм³.

Поліноміальна лінія тренду (ступінь 4) із коефіцієнтом детермінації $R^2=0,7167$ пояснює біля 71% варіацій (1979 р.), це вказує на чітку довгострокову тенденцію до зростання протягом періоду проведення досліджень.

Аналізуючи графік 2017 р. (рисунок 4.6) можна відзначити наступне:

- від початку відкачки і до початку вересня спостерігається стабільна концентрація вмісту радону в межах 280-300 Бк/дм³;
- майже весь вересень спостерігалось різке зменшення концентрації вмісту радону, що коливалось в межах 246-293 Бк/дм³;
- надалі концентрація вмісту радону зростає і тримається на відмітці >300 Бк/дм³;

Поліноміальна лінія тренду (ступінь 4) із коефіцієнтом детермінації $R^2=0,2413$ пояснює біля 25% варіацій (2018 р.), це вказує на короткочасні коливання, які не вписуються в модель тренду. Тобто дана лінія тренду слабо пояснює мінливість фактичних даних.

Аналізуючи дані по свердловині №1-РК Денишівського родовища (рис. 4.5-4.6) можна зробити наступні висновки, що якісні показники в частині концентрації радону зазнали зміни.

Концентрація радону під час проведення дослідно-фільтраційних робіт у 1979 р. та у 2017 р. мають значні відмінності. У 1979 р. концентрація радону була значно вища та мала тенденцію до зростання. В той же час під час 3-х місячної відкачки у 2017 р. концентрації були значно нижчими (майже в 3-и рази) і коливання протягом проведення дослідів були більш хаотичними та не такими

передбачуваними.

Порівняльна характеристика концентрації вмісту радону та загального водовідбору із свердловини №1-РК за період 2005-2018 рр. також не дає кореляції і становить лише 10%.

Має місце чітке співпадіння загального водовідбору із концентрацією радону з серпня по жовтень 2017 р.: при середньому водовідборі на рівні 50 м³/д, концентрація радону становить біля 300 Бк/дм³.

Єдина відмінність дослідних відкачок у 1979 та 2018 рр. у режимі експлуатації: 1979 р. – робота свердловини із заявленим дебітом 100 м³/д протягом 10 годин на добу; 2018 р. - робота свердловини із заявленим дебітом 100 м³/д протягом 24 годин на добу (рис. 4.5-4.6).

Для можливого впливу основних метеорологічних факторів на коливання вмісту концентрації радону по Денишівському родовищу проведемо множинний лінійний регресійний аналіз. Даний аналіз виконано за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel (інструмент «Регресія») на основі даних таблиці 4.1, що базуються на результатах дослідної відкачки у 2018 р.

Для цього були прийняті наступні дані:

- концентрація радону є залежною змінною;
- температура, атмосферний тиск, вологість та опади є незалежні змінні.

Вихідні дані для проведення регресивного аналізу приводяться у текстовому додатку С [22, 23].

Таблиця 4.1 – Результати регресійного аналізу можливого впливу метеорологічних факторів на зміну концентрації радону Денишівського родовища

Дата відбору проби	Rn ²²² , Бк/дм ³	Температура, С ⁰	Атмосферний тиск, мм ртутного стовпа	Відносна вологість, %	Опади, мм
18.07.2017	273,7	20,4	745,6	56,5	0
21.07.2017	252,3	24,1	740,5	65,5	0
28.07.2017	298,4	18,4	735,9	92,9	6
11.08.2017	303,6	25,5	744,2	65,6	8
18.08.2017	291,9	23,5	745,5	60,5	0

Дата відбору проби	Rn ²²² , Бк/дм ³	Температура, С ⁰	Атмосферний тиск, мм ртутного стовпа	Відносна вологість, %	Опади, мм
05.09.2017	346,6	14,2	740,0	79,9	0
06.09.2017	313,0	12,5	737,2	88,4	0
06.09.2017	293,0	12,6	737,3	83	0,5
07.09.2017	246,7	13,5	740,6	74	0
08.09.2017	278,8	18,1	738,5	80,1	5
22.09.2017	366,5	11,2	737,5	79,5	0,8
06.10.2017	320,4	9,8	731,0	81,8	2,8
17.10.2017	251,0	12,4	747,1	92,3	0
18.10.2017	330,0	14,0	745,1	81,3	0,1

За результатами регресійного аналізу рівняння множинної лінійної регресії має наступний вигляд:

$$\text{Радон (Rn}^{222}\text{)} = 1196,77 - 4,07(\text{температура}) - 1,04 (\text{атмосферний тиск}) - 0,87 (\text{відносна вологість}) + 3,62 (\text{опади}) + \epsilon, \text{ де}$$

Радон (Rn²²²) – це прогнозна концентрація вмісту радону;

ϵ - випадкова похибка.

При детальному аналізі моделі коефіцієнт детермінації (R²) становить лише 0,213013. Тобто вказані метеорологічні показники можуть пояснити лише 21,3% варіацій концентрації вмісту радону, що не є великим значенням. Також показовим є те, що значення нормального R² складає від'ємне значення -0,137, тобто запропонована модель не має пояснювальної сили для цих даних.

Загальноприйнятий рівень значущості будь-якої регресивної моделі становить 0,05. У відповідності до отриманих розрахунків для дисперсійного аналізу Р-значення для F- статистики склало 0,666, що робить цю модель статистично незначущою. Тобто достовірно не можна стверджувати, що зазначені у таблиці 4.1. метеорологічні показники загалом впливають на концентрацію радону на родовищі. Якщо розглядати кожен показник окремо, то жоден з них також не має суттєвого впливу на коливання вмісту радону.

По температурі коефіцієнт склав -4,07 (Р-значення склало 0,340). Тобто ці показники показують теоретичне зменшення концентрації вмісту радону при зростанні температури, проте кореляція цих даних не є достовірно статистично

доведеною.

По атмосферному тиску коефіцієнт склав $-1,04$ (Р-значення склало $0,735$). Тобто ці показники показують теоретичне зменшення концентрації вмісту радону при зростанні тиску, проте кореляція цих даних не є достовірно статистично доведеною.

По відносній вологості коефіцієнт склав $-0,87$ (Р-значення склало $0,580$). Тобто ці показники показують теоретичне зменшення концентрації вмісту радону при зростанні відносної вологості, проте кореляція цих даних не є достовірно статистично доведеною.

По опадам коефіцієнт склав $3,62$ (Р-значення склало $0,529$). Тобто ці показники показують теоретичне збільшення концентрації вмісту радону при зростанні кількості опадів, проте кореляція цих даних не є достовірно статистично доведеною.

Підводячи підсумки проведеного множинного регресійного аналізу можна припустити, що в межах Денишівського родовища впродовж проведення дослідно-фільтраційних досліджень вплив метеорологічних показників ніяк не впливав на концентрацію вмісту радону, тобто запропонована модель є статистично незначущою.

Основною причиною зменшення концентрації вмісту радону є зміна конструкції свердловини. Відповідно до паспортну свердловина №1-РК становить $100,0$ м. Станом на 2018 р. в результаті проведених геофізичних досліджень було встановлено, що дійсна глибина свердловини складає $40,6$ м, тобто втрата 60% стовбуру свердловини. Зважаючи на цю обставину можна припустити, що зміна якісного складу мінеральних радонових вод в частині концентрації радону пов'язана із антропогенним фактором, а саме обривання водопідйомних труб із насосами у стовбур свердловини. Після проведення ремонту свердловини якість мінеральних вод Денишівського родовища може бути відновлена до стану 1978 р.



Рисунок 4.7 – Коливання вмісту радону по свердловині №2-РК Денишівського родовища (1979-1980 рр.)

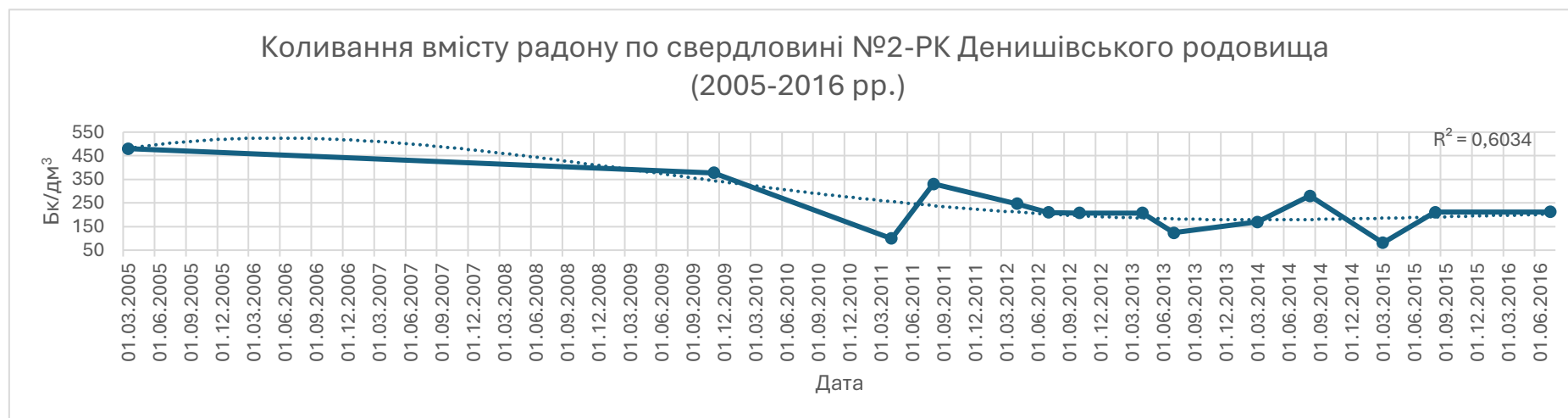


Рисунок 4.8 – Коливання вмісту радону по свердловині №2-РК Денишівського родовища (2005-2016 рр.)

Додатково є можливість проаналізувати зміни якісного складу із свердловин №№2-РК, 7-Р. До затвердження запасів в межах Денишівського родовища мінеральних вод свердловин №№2-РК, 7-Р працювали і по ним проводились періодичні гідрохімічні дослідження.

Аналізуючи графік 1979-1980 рр. (рисунок 4.7) із свердловини №2-РК Денишівського родовища під час проведення відкачки можна відзначити:

- на початковому періоді вміст радону має тенденції стабілізації (700-800 Бк/дм³).
- період зростання концентрації вмісту радону до 1100 Бк/дм³;
- період коливання із концентрацією вмісту радону в діапазоні 1100-1200 Бк/дм³ та спад до 800-900 Бк/дм³.

Поліноміальна лінія тренду (ступінь 4) із коефіцієнтом детермінації $R^2=0,6043$ пояснює біля 60% варіацій (1979-1980 рр.), це вказує на довгострокову тенденцію до збільшення концентрації вмісту радону.

Аналізуючи графік 2005-2016 рр. (рисунок 4.8) із свердловини №2-РК Денишівського родовища під час проведення відкачки можна відзначити:

- на початковому періоді досліджень за період 2005-2010 рр. коливання в діапазоні 100-480 Бк/дм³. Тобто на початку спостерігалось бальнеологічна неавтивна концентрація радону.
- зміна в тенденції спостерігається за період 2005-2009 рр. Тут спостерігається також зниження концентрації радону, але більш плавне.
- за період кінець 2009-2010 рр. різке падіння концентрації радону з 350 Бк/дм³ до 100 Бк/дм³.
- з кінця 2014 р. по 2016 р. відбувається стабілізація значень концентрації радону в діапазоні 200-250 Бк/дм³ із незначними коливаннями.

Поліноміальна лінія тренду (ступінь 4) із коефіцієнтом детермінації $R^2=0,6034$ пояснює біля 60% варіацій (2005-2016 рр.), це вказує на довгострокову тенденцію до стабільного вмісту концентрації радону.

Підводячи підсумки можна відзначити, що у довгостроковій перспективі за період 2005-2016 рр. спостерігалась тенденція до зниження концентрації радону.

Аналізуючи дані по свердловині №2-РК Денишівського родовища можна зробити наступні висновки. Концентрація радону під час проведення дослідно-фільтраційних робіт у 1979-1980 рр. та загального водовідбору за період 2005-2016 рр. мають значні відмінності. У 1979-1980 рр. концентрація радону була значно вища та мала тенденцію до зростання. В той же час за період 2005-2016 рр. концентрації радону були значно нижчими (майже в 2-а рази) і коливання протягом періоду спостережень були більш хаотичними та не такими передбачуваними. Тобто можна побачити чітке зменшення концентрації вмісту радону вже із двох свердловин родовища.

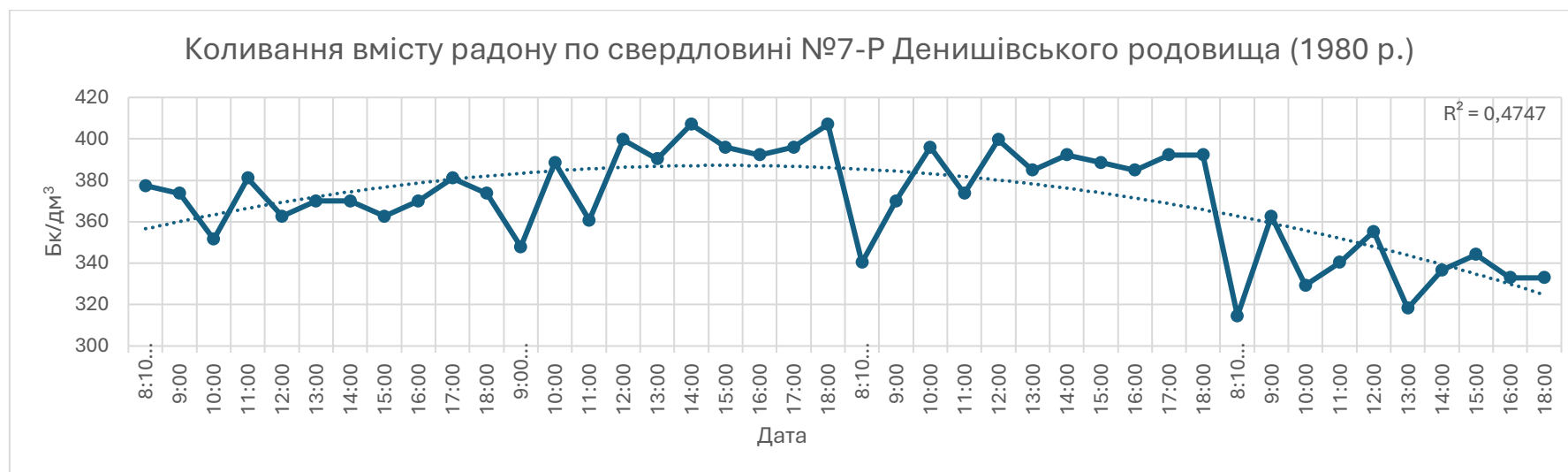


Рисунок 4.9 – Коливання вмісту радону по свердловині №7-Р Денишівського родовища (1980 рр.)

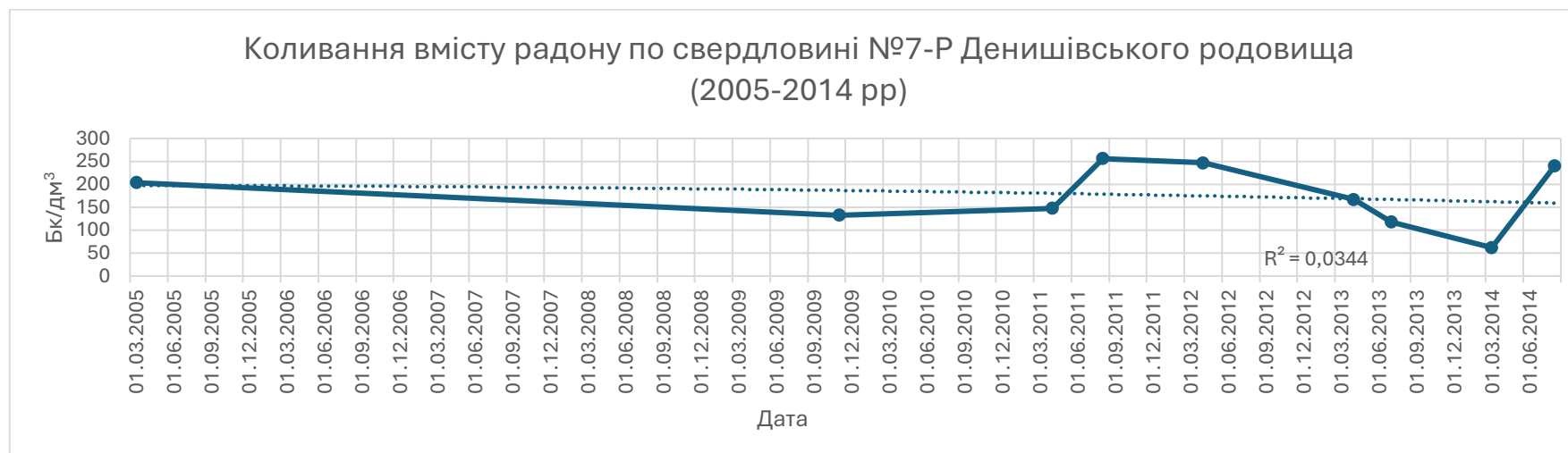


Рисунок 4.10 – Коливання вмісту радону по свердловині №7-Р Денишівського родовища (2005-2014 рр.)

Аналізуючи графік 1980 р. (рисунок 4.9) із свердловини №7-Р Денишівського родовища під час проведення відкачки можна відзначити:

- на початковому періоді вміст радону має тенденції стабілізації (350-380 Бк/дм³).
- період зростання концентрації вмісту радону до 410 Бк/дм³ із короткостроковим падінням до 340 Бк/дм³.
- період відносної стабілізації із концентрацією вмісту радону в діапазоні 320-380 Бк/дм³ та спад до 800-900 Бк/дм³.

Поліноміальна лінія тренду (ступінь 2) із коефіцієнтом детермінації $R^2=0,4747$ пояснює біля 47% варіацій (1980 рр.). Аналізуючи ці дані можна зазначити про відсутність чітких максимумів чи мінімумів на графіку, концентрація радону коливалась в межах 360-380 Бк/дм³, коефіцієнт детермінації описує менше половини дисперсії.

Аналізуючи графік 2005-2014 рр. (рисунок 4.10) із свердловини №7-Р Денишівського родовища п можна відзначити:

- на початковому періоді за період 2005-2010 рр. вміст радону має тенденції стабілізації (150-200 Бк/дм³).
- період значних коливань за період 2010-2014 рр. із концентрацією радону 50-270 Бк/дм³.

Поліноміальна лінія тренду (ступінь 2) із коефіцієнтом детермінації $R^2=0,0344$ пояснює біля 3% варіацій (2005-2014 рр.). Аналізуючи ці дані можна зазначити про відсутність чітких максимумів чи мінімумів на графіку, коефіцієнт детермінації є дуже низьким.

Аналізуючи дані по свердловині №7-Р Денишівського родовища можна зробити наступні висновки. Концентрація радону під час проведення дослідно-фільтраційних робіт у 1979-1980 рр. та загального водовідбору за період 2005-2016 рр. мають значні відмінності. У 1979-1980 рр. концентрація радону була значно вища та мала тенденцію до зростання. В той же час за період 2005-2016 рр. концентрації радону були значно нижчими (майже в 2-а рази) і коливання протягом періоду спостережень були більш хаотичними та не такими передбачуваними.

Підводячи підсумки по аналізу дослідно-фільтраційних робіт, промислового видобутку Денишівського родовища слід відзначити:

Відбулась трансформація якісного складу підземних вод в частини основного бальнеологічного компоненту – радону. Концентрація вмісту радону впала у 2-3 рази по всьому родовищу. На якісний вміст не впливають метеорологічні фактори, на що наведені відповідні розрахунки у вигляді рівняння регресії. Тобто основним фактором зниження концентрації вмісту радону є антропогенний вплив людини. За даними геофізичних досліджень, виконаних у 2018 році, встановлено, що фактична глибина свердловини становить 40,6 м. Це свідчить про скорочення її стовбура на 60%. Зважаючи на цю обставину можна зауважити, що правильна технічна експлуатація, умови утримання та чіткі режимні спостереження можуть покращити якісні показники інших родовищ або не призвести до їх виснаження чи знищення.

В межах Вінницької області порівняльний аналіз можна виконати лише по двох родовищах: Немирівське родовище та Курортна ділянка Хмільницького родовища. Детальний опис гідрогеологічних досліджень в межах цих родовищ приведений у розділах 3.1, 3.2 та 3.6.

Аналіз якісних змін хімічного складу підземних вод в межах Немирівського родовища базується на гідрохімічних досліджень із свердловини №6-Р. Якісні показники хімічного складу підземних вод можна описати формулою Курлова:

$$Rn\ 851 - 1036\ M\ 1,11 \frac{\text{Свердловина 6-Р (1985 р.)}}{\text{HCO}_3\ 54\ Cl\ 15} \frac{\text{Ca}\ 52\ Mg\ 56\ Na\ 22}{\text{pH}\ 7,3}$$

$$Rn\ 352 - 607\ M\ 0,9 \frac{\text{Свердловина 6-Р (2004 р.)}}{\text{HCO}_3\ 61\ SO_4\ 14\ Cl\ 15} \frac{\text{Ca}\ 56\ Mg\ 27}{\text{pH}\ 6,8}$$

Порівнюючи результати хімічних аналізів із різницею у 19 років можна дійти до висновку, що за співвідношенням основних аніонів і катіонів підземні води є слабкомінералізованими гідрокарбонатними сульфатними кальцієвими магнієвими. Для них характерна нейтральна-слаболужна реакція.

Тобто основні макрокомпонентні зазнали змін у вигляді: поява сульфатів, зниження вдвічі концентрації магнію та відсутність натрію. Додатково зазнали зміни якісні показники в частині концентрації радону.

Підземні води із свердловини №6-РК із слабкорадонових були переведені у відповідності до чинного законодавства до дуже слабкорадонових. У конкретному випадку дана зміна може бути пояснена двома складовими. По-перше, як і у випадку із Денишівським родовищем, методи та устаткування визначення вмісту концентрації радіоактивних елементів змінились.

По-друге, однією із основних причин зміни концентрації радону у свердловині №6-Р може бути підвищений вміст нітратів (NO_3). Детально про це зазначено у розділі 3.1. Загальний вміст нітратів становив вище бальнеологічної норми, яка має становити ≤ 50 мг/дм³.

Слід відзначити, що підвищений вміст нітратів не завжди є процесом антропогенного забруднення. В межах Немирівського родовища радонівих вод на різних стадіях проводились дослідження, щодо виявлення ореолів розповсюдження нітратів у різних водопунктах. Для дослідження цього питання у 1985 р. були відібрані проби води в каналі спиртзаводу, з р. Устя в районі свердловин №№7-Р, 8-Р, із струмка біля свердловини №11-Р для порівняння зі свердловинами на питну воду. В свердловинах на питну воду перевищення вмісту нітратів не встановлено. У річці, струмку та каналі вміст нітратів 15-38 мг/дм³.

Додатково, під час геолого-економічної оцінки Немирівського родовища питних підземних вод [29] проводились визначення концентрації вмісту нітратів із експлуатаційних свердловин, які розкривали водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід та кори їх вивітрювання, із найближчих криниць та р. Устя. Концентрація вмісту нітратів із найближче розташованих водопунктів була в межах допустимого ГДК, тобто забруднення стосувалось виключно свердловини №6-Р.

Додатковим фактором при визначенні можливого локального забруднення свердловини №6-Р було те, що всі інші мікробіологічні компоненти, які б вказували на ознаки поверхневого антропогенного забруднення (феноли, коли-титри та інші) були в межах ГДК. Тож із азотистого хімічного вмісту при умові підвищеної концентрації вмісту радону визначалось лише нітрати >65 мг/дм³.

Зважаючи на все вищезазначене можна припустити, що підвищений вміст

нітратів у свердловині №6-Р є, скоріш за все, наслідком радіолізу води. Дані припущення були висвітлені у роботі Шеремета А. В. [26].

Радіоліз води – це процес розщеплення молекул води під дією іонізуючого випромінювання, наприклад альфа-, гамма-чи бета-випромінювання.

Даний процес може проявлятися в місцях підвищеного вмісту радіоактивних елементів, таких як уран, радон, торій. Може відбуватися деяка метаморфізація хімічного складу слабомінералізованих гідрокарбонатних кальцієвих вод, а також розчинених у воді газів завдяки продуктам радіолізу води, тобто відбувається утворення нових хімічних сполук або зміна концентрації існуючих компонентів у воді, що призводить до відхилення її хімічного складу від початкового.

Розчинені у воді гази під впливом випромінювання переходять у зв'язаний вміст, наприклад, інертний азот перетворюється на амонійний, нітритний та нітратний іони. Радіоліз підземних вод, обумовлений виділенням енергії в радіаційному полі землі, викликає генерування кисню та утворення водню. У цьому випадку підвищений вміст нітратів у воді не може бути показником їх забруднення.

У відповідності до чинного законодавства [15] концентрація вмісту нітратів у підземних водах має становити ≤ 50 мг/дм³. Даний ГСТУ був виданий у 1996 р. і об'єднує ГДК по всіх мінеральних водах як для внутрішнього так і для зовнішнього застосування.

Зважаючи на все вищезазначене, та згідно із поставленим завданням у даній роботі, мною був направлений запит до Державного некомерційного підприємства «Український науково-дослідний інститут реабілітації та курортології Міністерства охорони здоров'я України», з метою визначення чи проводились клінічні чи будь-які інші лабораторні дослідження, щодо можливості використання мінеральних підземних водах, які придатні для зовнішнього застосування з підвищеним вмістом нітратів (додаток Б). На що була отримана відповідь, що дані дослідження не проводились.

Виходячи з цього можна припустити, що використання мінеральних радонових вод для зовнішнього застосування із підвищеним вмістом нітратів може бути використане в бальнеологічній практиці. Проте дане твердження потребує

детального довивчення та впровадження можливих змін чи створення нових нормативно-правових документів, щодо можливості використання мінеральних вод окремо для зовнішнього і для внутрішнього застосування.

Приведення нормативної бази до єдиного значення, або внесення певних критеріїв саме для родовищ мінеральних радонових вод є на сьогоднішній момент одним із невирішених питань сьогодення.

Простеження якісних змін хімічного складу підземних вод в межах Курортної ділянки Хмільницького родовища базується на аналізі гідрохімічних досліджень із свердловин №№5-РК, 8-РК. Якісні показники хімічного складу підземних вод можна описати формулою Курлова:

$$\text{Свердловини №№5-рк, 8-рк (1963 р.)}$$

$$Rn\ 370\ M\ 0,7\ \frac{HCO_3\ 90}{Ca\ 61\ Na\ 23\ Mg\ 15}\ pH\ 7,3$$

$$\text{Свердловина №5-рк (2021 р.)}$$

$$Rn\ 200 - 2500\ M\ 0,7 - 0,8\ \frac{HCO_3\ 79 - 90}{Ca\ 54 - 76\ Mg\ 18 - 27}\ pH\ 6,9$$

$$\text{Свердловина №8-рк (2021 р.)}$$

$$Rn\ 185 - 1480\ M\ 0,7 - 0,8\ \frac{HCO_3\ 79 - 90}{Ca\ 54 - 76\ Mg\ 18 - 27}\ pH\ 6,9$$

Порівнюючи результати хімічних аналізів із різницею у 58 років можна дійти до висновку, що за співвідношенням основних аніонів і катіонів підземні води є слабкомінералізованими гідрокарбонатними кальцієвими магнієвими. Для них характерна нейтральна-слаболужна реакція. Основні макрокомпонентні показники не зазнали великих змін і коливаються в межах допустимих значень.

Щодо вмісту радону слід відзначити, що на момент 1963 р. розмірність визначення концентрації радіоактивних елементів була в одиницях - Махе. Додатковим чинником було те, що у 1963 р. була проведена перша оцінка мінеральних радонових вод в межах м. Хмільник. На цій стадії геологорозвідувальних робіт відзначався сам факт наявності радонових вод, тому якісні показники по свердловинах були оцінені в цілому без конкретики. Тому порівняння концентрації вмісту радону не представляється можливим.

ВИСНОВКИ

1. У відповідності до поставлених завдань було виконано комплексний аналіз результатів геологорозвідувальних робіт в межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод, що локалізуються на території Житомирської та Вінницької областей. В межах Житомирської області використовується 4,51%, в межах Вінницької області використовується 20,94% від загальної кількості розвіданих запасів. Загальна кількість запасів, що експлуатуються становить 15,33%.

2. Виконано аналіз трансформації змін якісного складу мінеральних радонових вод в межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод на прикладі Денишівського родовища. Макрокомпонентний склад підземних вод зазнав змін у частині вмісту хлоридів, які присутні у сучасних дослідженнях.

Основна трансформація якісного складу підземних вод відбулась у концентрації вмісту радону. Вміст радону впав у 2-3 рази по всьому родовищу, для простеження цієї зміни були побудовані графіки коливань вмісту радону в процесі дослідно-фільтраційних робіт і в процесі промислового видобутку.

На якісний вміст не впливають метеорологічні фактори, на що наведені відповідні розрахунки у вигляді множинного лінійного рівняння регресії. Основним фактором зниження концентрації вмісту радону є антропогенний вплив людини, а саме умови утримання та експлуатації родовища.

3. В результаті проведеного аналізу було встановлено типи мінеральних радонових вод, що поширені в межах Північно-Західної частини Українського басейну тріщинуватих вод. У кількісному відношенні в межах Житомирської області поширені: дуже слабкорадонові – 52,44%, слабкорадонові - 24,86%, змішаного типу - сумарно 22,7%.

У кількісному відношенні в межах Вінницької області поширені: дуже слабкорадонові – 53,57%; слабкорадонові - 12,82%; дуже слабкорадонові або слабкорадонові – 33,15%; змішаного типу – 0,46%.

4. Відзначено підвищений вміст нітратів в межах родовищ радонових вод.

Наведені припущення щодо його природного (радіоліз води) чи антропогенного походження. Детальне вивчення процесу радіолізу води на виділених ділянках із підвищеним вмістом нітратів може призвести до збільшення кількості експлуатаційних запасів.

5. У відповідності до чинного законодавства концентрація вмісту нітратів у підземних водах має становити ≤ 50 мг/дм³ [15]. Даний ГСТУ був виданий у 1996 р. і об'єднує ГДК по всіх мінеральних водах: як для внутрішнього так і для зовнішнього застосування. Запропоновано внесення змін чи впровадження нових нормативно-правових документів в частині бальнеологічних властивостей мінеральних вод для зовнішнього застосування із збільшеним вмістом нітратів до 100 мг/дм³, тобто в 2а рази від існуючого ГДК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 17 Goals to Transform Our World
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
2. Шаріков С.І., Чомко Д. Ф. Сучасний стан гідрогеологічного вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Житомирської області України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Геологія, 2 (105), 2024. С. 99-103. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.105.13>.
3. Шаріков С.І. Методи та стадії розвідки родовищ мінеральних радонових вод. *Мінеральні ресурси України*. 2025. №1. С. 82-86. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.1.82-86>
4. Шаріков С.І., Чомко Д. Ф. Ресурсний потенціал мінеральних радонових вод на прикладі Курортної ділянки в м. Немирів. *Екологічні науки*. 2025
5. Шаріков С.І., Чомко Д. Ф. Перспективи збільшення ресурсного потенціалу мінеральних радонових вод у Вінницькій області. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*.
6. Seismic Explorer. Concord Consortium. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://seismic-explorer.concord.org>
7. Шестопалов В., Негода Г., Моїсеєва Н. та ін. «Формування мінеральних вод України» 2009 р.
8. H Arvela, O Holmgren, P Hänninen «Effect of soil moisture on seasonal variation in indoor radon concentration: modelling and measurements in 326 Finnish houses». https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4884879/?utm_source=chatgpt.com
9. Pei Huang, Wenjie Lv, Rengui Huang, Yangyang Feng, Qibin Luo, Chengtao Yin & Yaxin Yang «mpact of environmental factors on atmospheric radon variations at China Jinping Underground Laboratory» https://www.nature.com/articles/s41598-024-82936-0?utm_source=chatgpt.com

10. Щербина М. П., Костенко М. М., Георгін Б. В., Черниш С. І., Дроздецький В. В., Ковальчук Н. Л. «Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000 аркуша М-35-ХVII (Житомир)» Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, Північне державне регіональне геологічне підприємство «Північгеологія», 2003.

11. Деркач С. С., Зенько В. Г., Ляшенко П. О., Виходцев М. К., Кулик С. М., Павлюк В. М., Нікіташ Л. П., Новікова М. М., Радіна Н. І. «Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Центральноукраїнська серія. Аркуш М-35-XXIX (Вінниця)» Київ: Державна геологічна служба, Північне державне регіональне геологічне підприємство «Північгеологія», Правобережна геологічна експедиція, 2006.

12. Лукаш В. В., Гадючка Є. В., Лісняк О. Г., Виноградов Г. Г., Перелигін К. М., Охинько З. П., Гриценко Н. К., Бедрок Л. В., Федоров А. В. «Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Центральноукраїнська серія. Аркуш: М-35-XXII (Старокостянтинів)» Київ : Державна геологічна служба, Північне державне регіональне геологічне підприємство «Північгеологія», 2007.

13. Дечев В.Н. «Отчет о комплексном исследовании минеральной воды скважины №229 Довбышской больницы Житомирской обл. УССР. (Дзержинский р-н Житомирской обл.)»1972 р.

14. Бабов К., Золоторьова Т. та ін. «Порядок здійснення медико-біологічної оцінки якості та цінності природних лікувальних ресурсів» 2008 р.

15. ГСТУ 42.10-02-96 «Води мінеральні лікувальні. Технічні умови».

16. Левченко А.С., Сморгков Л.А. «Отчет о результатах поисков минеральных радоновых вод в районе г. Житомира в 1973-1975 гг. (Житомирский р-н Житомирской обл. УССР)»

17. Гаркуша А.П. «Отчет по результатам предварительной и детальной разведки минеральных радоновых вод в районе города Житомир, Житомирской области УССР за 1976-78 г.г.»

18. Хоренок І. П. «Предварительная разведка минеральных радоновых вод для санатория им. XX съезда КПСС в районе г. Житомира за 1986-1988 гг.» за 1986-1988 р.

19. Хоренок І. П. «Детальная разведка минеральных радоновых вод для санатория им. XX съезда КПСС в р-не г. Житомира (южная часть Корбутовского участка Житомирского месторождения), 1988-1990 гг.»

20. Корицький Б. Г. «Поиски минеральных радоновых вод для санатория «Лесная Сказка» в г. Коростышеве Житомирской области, 1990-92 гг.».

21. Корицький Б. Г. «Предварительная разведка минеральных радоновых вод для санатория «Лісова Казка» в г. Коростышеве Житомирской обл. 1993-1997 рр.

22. Гончаров О.Д., Пархомец Н.И., Струкова Н.Е «Детальная разведка минеральных радоновых вод Денешского месторождения (Житомирская область) с подсчетом эксплуатационных запасов, проведенной в 1978-1980 г.г. (по состоянию на 10.11.1980 г.». 1978-1980 рр.

23. Шаріков С. І. «Геолого-економічної оцінки ділянки Денишівського родовища (свердловині №1-РК) мінеральних радонових вод для зовнішнього лікування у Житомирському районі Житомирської області» 2017-2018 р.р.

24. Шаріков С. І. «Проект зон санітарної охорони Денешського родовища підземних мінеральних радонових вод (Житомирська область, Житомирський район, у 2,5 км від с. Денеші)» 2016.

25. Постанова КМУ від 11 грудня 1996 р. №1499 «Про затвердження переліку водних об'єктів, що відносяться до категорії лікувальних».
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1499-96-%D0%BF#Text>

26. Шеремета А.В. «Отчет о предварительной разведке радоновых вод на восточном участке Немировского месторождения Винницкой области УССР, проведенной в 1983-1985 гг.» 1985 р.

27. Шеремета А.В. «Отчет о поисках радоновых вод на Западном участке Немировского месторождения Винницкой обл. УССР, 1987 г.» 1987 р.

28. Мілюхін М.М., Шеремета А.В. «Звіт про результати детальної розвідки з підрахунком експлуатаційних запасів мінеральних радонових вод Немирівського родовища (санаторій "Авангард"), Вінницької області проведеної в 1997-2002 р.р.» 2005 р.

29. Шаріков С. І. «Геолого-економічна оцінка експлуатаційних запасів Немирівського родовища питних підземних вод (ділянка №1 та ділянка №2)» 2012 р.

30. Гаюн К. Г., Койнов І. І. «Отчет о результатах гидрогеологических работ, физико-химических исследований, проведенных в 1955-1962 гг. и подсчет запасов минеральных вод Новохмельнического месторождения Винницкой области УССР» 1962 г.».

31. Шаріков С. І. «Проект зон санітарної охорони ділянки Лісова Новохмельницького родовища, де розташовані свердловини №№2-е, 6-е, 10-е, 12-е мінеральних лікувальних радонових вод, придатних для зовнішнього застосування», 2020.

32. Іванченко І.І., Стомаченко Л. А., Денисюк М. А. «Отчет о работах по комплексной геолого-гидрогеологической съемке масштаба 1:50 000 листов М-35-92-Б, М-35-92-Г (северная половина) и М-35-93-А (западная половина), выполненных в 1965-1969 гг.»/

33. Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на підземні води (гідрогеологічні роботи) // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0648-01#Text>

34. Погонина В.И. «Поиски минеральных радоновых вод на Угриновском участке Хмельнического месторождения Винницкой обл. УССР, 1987-89 гг.» 1989 г.

35. Погонина В.И. «Предварительная разведка минеральных радоновых вод на Угриновском участке Хмельнического месторождения за 1990-1993гг. (Хмельнический р-н Винницкой области).» 1994 р.

36. Ляшенко П.О. «Геолого-економічна оцінка Острівної ділянки Хмельницького родовища мінеральних радонових вод, 2005-2007 р.р.» 2005 р.

37. Шаріков С. І. «Проект зон санітарної охорони Острівного родовища ділянки №1 мінеральних лікувальних радонових вод у м. Хмільник Хмільницького району Вінницької області» 2018.

38. Шаріков С. І. «Проект зон санітарної охорони Острівного родовища ділянки №2 мінеральних лікувальних вод у м. Хмільник Хмільницького району Вінницької області» 2018 .

39. Шаріков С. І. «Проект зон санітарної охорони Острівного родовища ділянки №3 мінеральних лікувальних вод у м. Хмільник Хмільницького району Вінницької області», 2018.

40. Шум І. «Геолого-економічна експлуатаційних запасів підземних мінеральних вод ділянки №4 Острівного родовища (свердловина №604-е) у м. Хмільник Вінницької області» 2017 р.

41. Шум І. «Геолого-економічна переоцінка експлуатаційних запасів підземних мінеральних радонових вод Голодківської ділянки (св.№№1981-1, 1983) та ділянки Курортна (св.№№5-рк, 8-рк, 18-рк) Хмільницького родовища у м. Хмільник Вінницької області» 2021 р.

42. Prawo geologiczne i górnictwo, 2011
<https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=wdu20111630981>.

43. Zákon č. 164/2001 Sb., o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon), 2001
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-164>.

44. Council Directive 2013/51/Euratom of 22 October 2013 laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2013/51/oj/eng>.

45. Державні санітарні нормами та правила «Гігієнічні вимоги до води питної призначеної для споживання людиною», 2010
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.

Додаток А

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України: (які входять до переліку МОН України)

1. Шаріков С.І., Чомко Д. Ф. Сучасний стан гідрогеологічного вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Житомирської області України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Геологія, 2 (105), 2024. С. 99-103. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.105.13>.
2. Шаріков С.І. Методи та стадії розвідки родовищ мінеральних радонових вод. *Мінеральні ресурси України*. 2025. №1. С. 82-86. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.1.82-86>.
3. Шаріков С.І., Чомко Д. Ф. Ресурсний потенціал мінеральних радонових вод на прикладі Курортної ділянки в м. Немирів. *Екологічні науки*. 2025.
4. Шаріков С.І., Чомко Д. Ф. Перспективи збільшення ресурсного потенціалу мінеральних радонових вод у Вінницькій області. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Геологія, 2 (109), 2025. С. 82-87. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.109.11>.

Відомості про апробацію досліджень:

5. Шаріков С.І. Еволюція хімічного складу родовищ мінеральних радонових вод в межах Житомирської та Вінницької областей та порівняння з аналогічними родовищами Європи. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Санаторно-курортне лікування та реабілітація: сучасні тенденції розвитку», 3009-01-10 2021, Одеса, Україна. С. 174-176.
6. Шаріков С.І. Вплив радонових вод на організм людини та гідрогеологічне вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Житомирської області. XIII Всеукраїнська конференція-школа «Сучасні

проблеми наук про Землю» Київ, 12-14 квітня 2023 р.

7. Шаріков С.І., Чомко Д.Ф. Вплив радонових вод на організм людини та гідрогеологічне вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Вінницької області. II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Future of Work: Technological, Generational and Social Shifts» 11-12 травня 2023 року

8. Шаріков С.І. Сучасне гідрогеологічне вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Вінницької області. XI Міжнародна науково-практична конференція «MODERN PROBLEMS OF SCIENCE, EDUCATION AND SOCIETY», 8-10.01.2024 Київ, Україна.

9. Шаріков С.І., Чомко Д.Ф. Сучасне гідрогеологічне вивчення родовищ мінеральних радонових вод в межах Вінницької області. III Международная научно-практическая конференция «PERSPECTIVES OF CONTEMPORARY SCIENCE: THEORY AND PRACTICE», 28-30.04.2024 Львів, Україна.

Додаток Б

Директору УкрНДІМР та К
Доктору медичних наук,
професору, заслуженому діячу
науки і техніки України
п. К. Д. Бабову

Щодо надання інформації

Я, Шаріков Сергій Ігорович з 2021 р. є аспірантом КНУ імені Тараса Шевченка, спеціальність 103 «Наука про Землю», ННІ «Інститут геології»;

- досвід роботи з 2008 р., за цей період успішно захищено більше 15 звітів в ДКЗ України та спроектовано більше 50 проектів у сфері гідрогеології.

- з вересня 2014 р. є діючим експертом ДКЗ України на посаді інженера-гідрогеолога (додаток 1);

- маю кваліфікаційний сертифікат інженера проектувальника у частині виконання інженерних вишукувань (додаток 2);

На сьогоднішній момент, я пишу кандидатську роботу на тему «Трансформація хімічного складу мінеральних радонових вод в межах північно-західної частини гідрогеологічної області Українського басейну тріщинуватих вод».

Під час аналізу фондових матеріалів мною було виявлено, що по деяких свердловинах родовищ мінеральних радонових вод в межах Житомирської і Вінницької областей має місце перевищення вмісту нітратів. Згідно ГСТУ 42.10-02-96 «Води мінеральні лікувальні. Технічні умови» концентрація вмісту нітратів у воді має бути $<50 \text{ мг/дм}^3$.

Прошу Вас надати інформацію, чи проводились клінічні чи будь-які інші лабораторні дослідження, щодо можливості використання мінеральних підземних водах, які придатні для зовнішнього застосування з підвищеним вмістом нітратів.

20.03.2025



С. Шаріков

Додаток В



**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНЕ НЕКОМЕРЦІЙНЕ ПІДПРИЄМСТВО
 «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
 РЕАБІЛІТАЦІЇ ТА КУРОРТОЛОГІЇ
 МІНІСТЕРСТВА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ»**

пров. Дзевецького, 6, м. Одеса - 14, 65014, тел. (048) 728-06-53,
 E-mail: mrik.odessa@gmail.com Web: http://kurort.gov.ua
 Код ЄДРПОУ 02012125

27.03.2025 р. № 01-12/247
 на № б/н від 20.03.2025 р.

Аспіранту
 КНУ ім. Тараса Шевченка
 Сергію Ігоровичу ШАРИКОВУ

e-mail: s.sharikov@gmail.com

Щодо надання інформації

Стосовно Вашого листа надаємо наступну інформацію.

Вміст нітратів в мінеральних лікувальних водах, які можуть використовуватися внутрішньо або зовнішньо у санаторно-курортній сфері, нормується ГСТУ 42.10-02-96 «Води мінеральні лікувальні. Технічні умови» на рівні $\leq 50,0$ мг/л. У разі встановлення в мінеральних лікувальних водах вмісту нітратів, що перевищує нормативне значення, рекомендується їх видалення, якщо така обробка води не змінює її основного складу.

Науково-дослідні роботи, у тому числі клінічні випробування, щодо можливості використання мінеральних підземних вод з підвищеним вмістом нітратів при зовнішньому застосуванні в ДНП «Укр. НДІ Р та К МОЗ України» не проводилися.

Директор



Костянтин БАБОВ

Вик. Наталія ОЛІЙНИК
 тел.: (067) 996-88-89



ДНП «Укр. НДІ Р та К МОЗ України»

Додаток Г

**Результати групової відкачки детальної розвідки Корбутовської ділянки
Житомирського родовища**

№№	№ св-ни	Загальна тривалість відкачки, місяців	Результати дослідних робіт		
			Дебіт, дм ³ /с	Зниження, м	Середня концентрація радону, Бк/дм ³
1	2	3	4	5	6
I ступінь					
1	510р/е	5 місяців	1,53	44,1	150
2	545р/е	5 місяців	3,93	41,2	60
3	547р/е	5 місяців	0,76	10,2	200
II ступінь					
4	510р/е	1,25	1,26	42,7	150
5	547р/е	-"-	0,7	35	200
6	545р/е	-"-	1,8	16	70
7	341	-"-	0,54	25,6	270
III ступінь					
8	510р/е	1,5	1,28	42,7	150
9	547р/е	-"-	0,64	35	240
10	341	-"-	0,5	19,6	330

Додаток Д

Зведена таблиця даних по свердловинах на Корбутовській ділянці Житомирського родовища мінеральних радонових вод у відповідності до стадій пошуку, попередньої та детальної розвідки

№№	№ св-ни	Призначення св-ни	Конструкція свердловини			Вид відкачки	Час відкачки, год	Тип підкачки	Результати відкачки			Статичний рівень
			Ø глибини буріння	Ø глибини обсадки					Q, дм ³ /с	S, м	q, дм ³ /с	
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12
Стадія пошуків												
1	281	Пошукова	<u>151</u> 11,7	<u>131</u> 76,1	<u>127</u> 11,7	Желонування	8	Желонка	0,4	68	-	1,5
2	282	"-	<u>151</u> 16,5	<u>110</u> 72,4	<u>127</u> 16,5	Пробна Дослідна	24,5 351	Ерліфт Насос	1,25 1,5	28,9 20,6	0,043 0,072	0,0
3	283	"-	<u>151</u> 4	<u>110</u> 99,7	<u>146</u> 4	Пробна	45	Ерліфт	0,13	39,8	0,003	1,84
4	284	"-	<u>151</u> 20,5	<u>110</u> 101,5	<u>127</u> 20,5	Пробна Дослідна	42,5 182,2	Ерліфт Насос	0,95 0,78	35,2 18	0,027 0,043	1,72 1,4
5	340	"-	<u>151</u> 11,4	<u>131</u> 56,2	<u>110</u> 73,4	Пробна Дослідна	31 267,1	Ерліфт Насос	7,7 2,4	9,4 4	0,82 0,6	+0,3 +1,1
6	341		<u>151</u> 12,2	<u>131</u> 31,3	<u>110</u> 133,1	Пробна Дослідна Дослідно- експлуатаційна	53,5	Ерліфт	0,26	40,1	0,065	1,5
							257,5	Насос	0,59	28,8	0,02	0,48
7	342	"-	<u>151</u> 23,4	<u>113</u> 71,4	<u>146</u> 23,4	Пробна	27	Ерліфт	2,5	20,1	0,125	4,34
8	343	"-	<u>151</u> 10,6	<u>131</u> 43	<u>110</u> 75	Пробна Дослідна	38 280	Ерліфт Насос	6,2 2,32	9,5 3,6	0,65 0,65	+0,18 +1,2
9	344	"-	<u>151</u> 7	<u>113</u> 75	<u>110</u> 98	Пробна	30,8	Ерліфт	1,8	32,5	0,055	0,8
10	345	"-	<u>151</u> 30,6	<u>151</u> 75,5	<u>131</u> 104	Пробна	26,5	Ерліфт	4,45	14,1	0,32	2,21
11	2346	"-	<u>151</u> 30,6	<u>110</u> 76,2	<u>146</u> 17	Пробна	29	Ерліфт	2,78	26,9	0,116	3
12	350	"-	<u>151</u> 21,3	<u>131</u> 34,4	<u>110</u> 75,3	Пробна	42,5	Ерліфт	4,45	17,3	0,256	4,58
Стадія попередньої розвідки												
13	434	Розвідувальна	<u>151</u> 37,5	<u>110</u> 114,2	<u>146</u> 37,5	Пробна	29	Ерліфт	1,33	29,3	0,045	3,12
14	435	"-	<u>151</u> 29,3	<u>110</u> 91,1	<u>146</u> 29,3	Пробна	32	Ерліфт	1,48	20,1	0,092	3,92
15	436	"-	<u>151</u> 23	<u>110</u> 117	<u>146</u> 23	Пробна	27,3	Ерліфт	1	24,8	0,04	3,58
16	437	"-	<u>151</u> 19,5	<u>110</u> 99,5	<u>146</u> 19,5	Желонування	30	Ерліфт	0,77	17	0,045	1
17	438	"-	<u>151</u>	<u>110</u>	<u>146</u>	Пробна	8	Желонка	0,46	10	0,046	1,7

№№	№ св-ни	Призначення св-ни	Конструкція свердловини			Вид відкачки	Час відкачки, год	Тип підкачки	Результати відкачки			Статичний рівень	
			Ø глибини буріння		Ø глибини обсадки				Q, дм³/с	S, м	q, дм³/с		
1	2	3	4			5	6	7	8	9	10	11	12
			23,5	106		23,5							
18	439	"-	<u>151</u> 24,8	<u>110</u> 104	<u>146</u> 24,8	Пробна	5,3	Ерліфт	0,22	37,6	0,058	1,8	
19	443	"-	<u>151</u> 23	<u>110</u> 102,4	<u>146</u> 23	Пробна	33	Ерліфт	1,38	18,8	0,073	6,02	
20	444	"-	<u>151</u> 23	<u>110</u> 104	<u>146</u> 23	Желонування	5	Желонка	0,82	13,9	0,059	1	
21	451	"-	<u>151</u> 40	<u>110</u> 93	<u>127</u> 40	Пробна Дослідна	53,3 274,6	Ерліфт Насос	1,42 2,33	13,6 11,7	0,104 0,179	1,97	
22	452	"-	<u>151</u> 12,3	<u>110</u> 99,5	<u>127</u> 12,3	Пробна	26,8	Ерліфт	0,18	24,4	0,007	4,55	
23	510 р/е	Розвідувально- експлуатаційна	<u>277</u> 21,3	<u>151</u> 59,8	<u>110</u> 91,1	<u>203</u> 21,3	Пробна Дослідно- експлуатаційна Дослідно- експлуатаційна групова	69,5	Ерліфт	1,48	29,7	0,036	0,34
								1480	Насос	1,5	42	0,036	
								7,7 місяців	Насос	1,53	44,1		
Стадія детальної розвідки													
24	540	Розвідувальна	<u>151</u> 20,5	<u>131</u> 45,8	<u>110</u> 101	<u>146</u> 205	Пробна	25,2	Ерліфт	0,2	20,6	0,01	0,4
25	541	"-	<u>151</u> 9	<u>131</u> 33,3	<u>110</u> 95,8	<u>146</u> 9	Пробна	43	Ерліфт	4,25	-	-	0,9
26	542	"-	<u>151</u> 40	<u>110</u> 97	<u>146</u> 40	Пробна	20	Ерліфт	0,5	26,5	0,019	1,9	
27	543	"-	<u>151</u> 45,7	<u>110</u> 102	<u>146</u> 45,7	Пробна	27	Ерліфт	0,59	20	0,03	3,5	
28	544	Розвідувально- експлуатаційна	<u>151</u> 10	<u>110</u> 83,4	<u>203</u> 10	Желонування	3	Желонка	-	-	-	1,3	
29	545	"-	<u>151</u> 30,7	<u>110</u> 97,2	<u>203</u> 30,7	Пробна Дослідно- експлуатаційна	119 6,4 місяці	Ерліфт Насос	21 3,93	19 41,2	0,11 -	1,3 -	
30	547	"-	<u>151</u> 10	<u>110</u> 49,9	<u>203</u> 10	Пробна Дослідно- експлуатаційна	68 7,7 місяці	Ерліфт Насос	3,34 0,64	- 35	- -	7 -	

Додаток Е

**Результати пробних відкачок детальної розвідки в межах санаторію імені
XX з'їзду КПСС**

№ св-ни	Результати				Концентрація радону, Бк/дм ³		
	Q, дм ³ /с	Q, м ³ /д	S, м	q, дм ³ /с	До відкачки	В процесі відкачки	Після відкачки
1640р/е	1,6	138	21,5	0,074	-	-	385
1641р/е	1,0	86	24,8	0,04	-	-	703
1642р/е	1,25	108	29,0	0,043	-	629	655
1643	0,25	22	21,44	0,008	-	-	400
1644	2,12	183	26,5	0,08	30	-	-
1645	0,25	22	7,5	0,033	189	-	736
1ф	0,45	39	9,19	0,049	-	-	185

**Результати групової дослідно-експлуатаційної відкачки детальної
розвідки в межах санаторію імені XX з'їзду КПСС**

№ св-ни	Результати				Концентрація радону, Бк/дм ³				
	Q, дм ³ /с	Q, м ³ /д	S, м	q, дм ³ /с	I декада	VIII декада	X декада	XII декада	XIV декада
Переривчастий режим									
1640р/е	2,04	88	26,35	0,077	714	666		-	-
1641р/е	1,39	60	32,15	0,043	588	614	744	-	-
1642р/е	1,2	52	32,71	0,037			633		
Безперервний режим									
1640р/е	1,45	125	31,2	0,046	-	-	-	951	966
1641р/е	1,01	87	32,7	0,031	-	-	-	821	844

Додаток Ж

Основні дані дослідних робіт в межах санаторію «Лісова Казка»

№ св-ни	Призначення	Глибина, м	Індекс горизонту	Конструкція		Вид відкачки	Результати відкачки					Концентрація радону, Бк/дм ³		
				Діаметр, мм/глибина буріння, м	Діаметр, мм/глибина обсадки, м		Q, дм ³ /с	Q, м ³ /д	S, м	q, дм ³ /с	H _{ст} , м	До відкачки	В процесі	Після
<u>Стадія пошуків</u>														
1975	Пошукова	100,0	PR ₁	132/28,1 93/31,1 76/100	127/81 108/13 89/31	Пробна Дослідна	0,23 0,904	19,87 78,11	- 35,0	- 0,025	3,94 3,94	н.с.	155	148
1976	"-	90,0	"-	93/11,5 76/90	89/11,5	"-	0,16 0,23	13,82 19,87	41,0	0,005	4,13 3,96	485	67	255
2242	"-	92,0	"-	132/33 105/92	127/33	"-	7,39 1,0	638,5 86,4	9,2 9,0	0,8 0,11	3,0 2,68	148	174	222
2300	"-	90,0	"-	93/41 76/90	89/11	"-	1,87 0,61	161,57 52,7	10,16	0,05	3,93 3,93	311	400	278
2301	"-	25,0	"-	93/70 76/95	89/3,5	Пробна	0,37	31,97			4,6			
2302	"-	95,7	"-	132/5 93/95,7	108/5	Дослідна	2,14 1,25	184,9 108,0	11,7	0,1	32,2 3,3	455	718	718
2303	"-	96,7	"-	132/75 93/96,7	108,75	"-	3,0 1,0	259,2 86,4	16,85	0,059	4,68 4,56	163	200	207
<u>Стадія попередньої розвідки</u>														
2550р/е	Розвідувально-експлуатаційна	100,0	PR ₁	320/5 151/100	203/5	Пробна Групова	1,2 1,8	103,7 155,5	26,4 6,81	0,045 0,026	3,0 1,85	551	1036	-
2551р/е	"-	100,0	"-	320/11	228/11	"-	1,2	103,7	24,0	0,005	5,9	292	725	-

№ св-ни	Призначення	Глибина, м	Індекс горизонту	Конструкція		Вид відкачки	Результати відкачки					Концентрація радону, Бк/дм ³		
				Діаметр, мм/глибина буріння, м	Діаметр, мм/глибина обсадки, м		Q, дм ³ /с	Q, м ³ /д	S, м	q, дм ³ /с	H _{ст} , м	До відкачк	В процесі	Після
				150/100			1,8	155,5	24,15	0,0075	3,75			
2586	Спостережна	52,0	"-	152/112 110/52	146/11,2	Пробна Дослідна	1,0 0,96	86,4 82,9	- 6,31	- 0,151	7,6 7,18	204 548	- 307	241 729
2587	"-	10,2	MZ- KZ	132/102	89/10,2	"-	0,028	2,42	7,0	0,004	0,04			174
2588	"-	5,0	Q	132/5	89/5	"-	0,28	24,18	3,0	0,09	0,13			
2589	"-	4,2	MZ- KZ	132/4,2	89/4	"-	0,026	2,25	3,1	0,008	0,0			
2590	"-	21,5	"-	132/21,5	89/21,5	"-	0,02	1,73	16,0	0,001	3,1			
2591	"-	8,2	Q	132/8,2	89/8,2	"-	1,0	86,4	5,0	0,2	2,3			
2592	"-	11,4	"-	132/11,4	89/8,05	"-	0,5	43,2	7,0	0,07	3,15		40,7	11
2593	"-	18,5	MZ- KZ	132/18,5	89/18,5	"-	0,015	1,3	7,0	0,002	4,21		152	11
2594	"-	57,4	PR ₁	151/24 110/57,3	127/21	"-	5,0 1,0	432 86,4	10,0 1,72	4,44 0,58	4,44 2,26	174	155	126 155
2595	"-	32,5	"-	151/20,4 110/32,5	123/20,4	"-	10,0 1,2	864,0 103,7	12,0 1,75		1,65 0,37	477	481	192 388
2596	Картографічна	108,0	"-	151/108										
2597	"-	47,0	"-	151/11 110/47	146/1	"-	5,0	432	20,0	0,25	1,49	448	488	174

Додаток К

Дані дослідних робіт попередньої розвідки Немирівського родовища

№№ св-ни	Статичний рівень, м	Дебіт, м ³ /год	Зниження, м	Питомий дебіт, дм ³ /с	Вміст радону, Бк/дм ³
6-Р	7,81	7	5,3	0,37	2064,6
7-Р	4,25	1,92	75,75	0,007	3145
8-Р	7,33	10 18	1,84 3,83	1,5 1,3	947,2 666
9-Р	17,9	0,18 0,35	10 34	0,005 0,003	48,1 58,1
10-Р	17,4	5 7,2	7,5 16,7	0,185 0,12	362,6 336,7
11-Р	0,5	5 6	35 49,5	0,04 0,034	48,1 62,9

Дані дослідних робіт пошукової стадії розвідки в межах Західної ділянки Немирівського родовища

№№ св-ни	Статичний рівень, м	Дебіт, м ³ /год	Зниження, м	Питомий дебіт, дм ³ /с	Вміст радону, Бк/дм ³
12-Р	2,85	12,8	59,8	0,21	235
13-Р	2,4 2,4	36 38,4	37,6 37,6	0,96 1,02	699 93
14-Р	4,8	7,2	63,7	0,11	59
15-Р	1,5	24,7	22	1,12	226
16-Р	0,76	46	44,2	1,04	451
1020	0,38	170	12,1	14,8	829

Додаток Л

Основних показників по свердловинам району робіт Новохмельницького родовища

№ св-ни	Глибина, м	Інтервал тріщинуватості, м	Статичний рівень, м	Результати відкачок				
				Зниження, м	Дебіт, м ³ /д	Питомий дебіт, м ³ /д	Вміст радону, Бк/дм ³	СО ₂ , мг/дм ³
1Р	80,0	55-62	39,1	Свердловина безводна			43	
2Р	61,4	9,5-23,0	1,0	22,0	172,8	7,8	740	190
		41,0-55,5		14,8	143,4	9,6	703	190
3Р	72,0	51,4-58,5	33,05	24,8	5,18		260	
4Р	76,9	30,0-35,0	7,3	27,9	34,5	1,2	3625	50
		40,0-55,0		12,1	19,8	1,6	3625	50
5Р	69,45	27,5-50,0	0,4	26,1	20,73	0,79	74	100
				22,8	18,12	0,79	74	100
6Р	112,0	21,1-25,5	1,0	12,5	259,2	20,7	740	103
		45,8-88,75		5,25	112,3	21,4	740	100
7Р	106,15	19,0-36,5	4,9	34,8	38,0	1,09	370	168
		56,5-70,35 83,0-91,2		28,85	35,4	1,23		
8Р	111,0	30,0-60,0 84,0-94,0	7,0	Перша дослідна відкачка				
				32,0	146,9	4,6	700	60
				24,0	114,9	4,8	444	54
				Друга дослідна відкачка				
9Р	80,0	21,0-30,0	9,0	24,0	1144,9	4,8	1850	80
		52,0-70,0		16,4	86,4	5,2	1850	85
10Р	91,2	30,0-38,0	8,6	40,5	15,55	0,38	407	240

№ св-ни	Глибина, м	Інтервал тріщинуватості, м	Статичний рівень, м	Результати відкачок				
				Зниження, м	Дебіт, м ³ /д	Питомий дебіт, м ³ /д	Вміст радону, Бк/дм ³	СО ₂ , мг/дм ³
4РК	90,0	32,5-45,0 60,0-76,0	10,1	40,0	9,8	4,1	370	50
				17,0	7,8	2,2	370	50
5РК	98,0	39,5-38,5 56,0-65,0	7,5	32,5	69,12	2,1	1443	42
				23,5	57,0	2,3	1480	50
6РК	93,0	28,0-57,0 67,0-88,0	6,3	18,7	86,4	4,6	555	44
				10,3	69,1	6,7	555	42
9РК	150,0		9,0	Перша дослідна відкачка				
				9,8	129,6	12,2	1805	84
				5,2	69,1	13,3	1036	70
				Друга дослідна відкачка				
				7,0	86,4	12	1776	84
				4,3	51,8	12	1739	74
10РК	125,0	15,0-130,0	1,3	6,2	259,2	41,8	555	57
				4,1	172,8	42,1	618	46
12РК	150,0	13,0-34,0 42,0-61,0 71,0-114,0 124,0-130,	0,5	10,0	207,4	20,7	925	56
				6,2	129,6	20,9	962	52
				3,7	78,5	21,2	214	49

Додаток М

**Основні результати дослідних робіт на пошукових свердловинах
Голодківської та Вугринівської ділянок (1973-1982 рр.)**

№№ св-ни	Глибина, м	Статичний рівень, м	Зниження, м	Дебіт, м³/д	Питомий дебіт, м³/д	Час відкачки
1978	78,6	1,86	66	17,28	0,003	20
1979	81,5	8,4	23	77,76	0,004	16
1980	89,2	5,87	63	0,52	0,0001	15
1981	78,6	1,24	8,64	354,24	0,47	648
1982	81,5	1,19	14,6	96,77	0,14	287
1983	87,2	+1,4	25,8	174,5	0,08	266
1984	100	0,5	2,15	146	0,82	24
1985	81,5	0,1	4,14	354,2	0,99	434
1986	74	11,4	15,16	117,5	0,09	15
1987	85,5	5,2	9,19	313,6	0,4	21
1988	161	0,2	9,0	292,9	0,37	255
1989	79	1,2	23,2	129,6	0,064	102
1990	100	9,28	57,25	60,5	0,012	24
1991	83,5	+2,0	11,33	285	0,29	259
1992	61	+0,2	8,6	320	0,43	218
1993	62	1,22	50,66	20,7	0,005	21
1994	113	+1,8	10,55	3,7	0,35	20

Додаток Н

**Результати дослідних робіт пошукової стадії на Вугринівській ділянці
(1987-1989 рр.)**

№№ св-ни	Глибина, м	Тривалість, годин	Статичний рівень, м	Дебіт, м³/д	Зниження, м	Вміст радону, Бк/дм³	Питимий дебіт, м³/д
2180	83	336	1,6	382	15,85	1047-1709	24
2181	80	360	0,9	114	55,35	807-1140	2
2182	80	93	8,27	206	25,7	507-747	8
2185	75	354	0,96	2,31	21,9	455-651	10

Результати дослідних робіт детальної розвідки на Вугринівській ділянці (1992 р.)

№№ св-ни	Результати відкачки				
	Статичний рівень, м	Дебіт, м³/д	Зниження, м	Питимий дебіт, м³/д	Вміст радону, Бк/дм³
2180-Ц	1,6	382	15,85	21	1047-1709
2181	0,9	117	55,35	2	807-1140
2182	8,27	181	22,6	8	366-818
2185-Ц	0,96	230	21,9	10	455-651

Додаток П

Затверджені запаси радонових вод в межах Житомирської області

№ свердловин	Кількість запасів, м ³ /д (категорія)	Вміст радону, Бк/дм ³	ГДК, Бк/дм ³ [14, 15]
Довбишська лікарня			
229	173 (C ₁)	192-1470	Дуже слабкорадонові або слабкорадонові
Корбутовська ділянка Житомирського родовища			
510 р/е	111 (А)	555	Дуже слабкорадонові
547 р/е	55 (В)	888	Слабкорадонові
341	43 (В)	1221	Слабкорадонові
282, 284, 343	497 (C ₁)	370-814	Дуже слабкорадонові або слабкорадонові
545р/е	155 (потенційні)	259	Дуже слабкорадонові
Санаторій ім. ХХ з'їзду КПСС (попередня розвідка)			
1488, 1489, 284	197 (C ₁)	455	Дуже слабкорадонові
Санаторій ім. ХХ з'їзду КПСС (детальна розвідка)			
1640р/е, 1641р/е	148 (В+С ₁)	659	Дуже слабкорадонові
Корбутовська ділянка Житомирського родовища (переоцінка)			
343, 510	311 (В+С ₁)	370-555	Дуже слабкорадонові
547, 341	98 (В)	888-1221	Слабкорадонові
284	167 (C ₁)	814	Слабкорадонові
Санаторій «Лісова Казка» (пошукова стадія)			
2300, 2302	161 (C ₁)	555	Дуже слабкорадонові
Санаторій «Лісова Казка» (попередня розвідка)			
2550р/е, 2551р/е	156 (В)	800	Слабкорадонові
Денишівське родовище (детальна розвідка 1978 р.)			
1-РК, 2-РК	132 (А)	814-999	Слабкорадонові
7-Р, 8-Р	90 (В)	370-407	Дуже слабкорадонові
Денишівське родовище (детальна розвідка 2018 р.)			
1-РК	100 (А+В)	185-500	Дуже слабкорадонові

Додаток Р

Затверджені запаси радонових вод в межах Вінницької області

№ свердловини	Кількість запасів, м ³ /д (категорія)	Вміст радону, Бк/дм ³	ГДК, Бк/дм ³ [14, 15]
<u>ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ</u>			
Немирівське родовище (попередня розвідка)			
6-Р	168 (С ₁)	925	Слабкорадонові
8Р	242 (С ₁)	370-555	Дуже слабкорадонові
Немирівське родовище (детальна розвідка)			
5	37 (В+С ₁)	185-740	Дуже слабкорадонові
10-Р	28 (В+С ₁)	185-740	Дуже слабкорадонові
6-Р	84 (С ₁)	352-607	Дуже слабкорадонові
Новохмільницьке родовище (1963 р.)			
Курортна ділянка (1963 р.)			
5РК, 6РК, 8Р, 9РК	446 (В+С ₁)	370	Дуже слабкорадонові
Лісова ділянка (1963 р.)			
2Р, 6Р, 10РК, 12РК	795 (В+ С ₁ + С ₂)	370	Дуже слабкорадонові
Вугринівська ділянка Хмільницького родовища (1987-1989 рр)			
2185	231 (С ₁)	540	Дуже слабкорадонові
2180	328 (С ₁)	1332	Слабкорадонові
2181	114 (С ₁)	940	Слабкорадонові
8МО	22 (С ₁)	977	Слабкорадонові
9МО	22 (С ₁)	644	Дуже слабкорадонові
10МО	26 (С ₁)	315-932	Дуже слабкорадонові та Слабкорадонові
11МО	35 (С ₁)	585	Дуже слабкорадонові
Вугринівська ділянка Хмільницького родовища (1992 р)			
2180-ц	311 (В)	370-1406	Дуже слабкорадонові та слабкорадонові
2185-ц	225 (В+С ₁)	333-1000	Дуже слабкорадонові та слабкорадонові
5МО	10 (В)	740-1628	Слабкорадонові та середньорадонові
6МО	21 (В)	518-925	Дуже слабкорадонові та

№ свердловини	Кількість запасів, м ³ /д (категорія)	Вміст радону, Бк/дм ³	ГДК, Бк/дм ³ [14, 15]
			слабкорядонові
7МО	15 (В)	666-1110	Дуже слабкорядонові та слабкорядонові
8МО	20 (В)	629-1406	Дуже слабкорядонові та слабкорядонові
9МО	20 (В)	407-814	Дуже слабкорядонові та слабкорядонові
10МО	23 (В)	259-703	Дуже слабкорядонові та слабкорядонові
11МО	32 (В)	407-851	Дуже слабкорядонові та слабкорядонові
2181	114 (С ₁)	740-1147	Дуже слабкорядонові та слабкорядонові
2182	205 (С ₁)	333-814	Дуже слабкорядонові та слабкорядонові
Острівне родовище			
Ділянка №1 (№603-е)	75 (В+С ₁)	150-700	Дуже слабкорядонові
Ділянка №2 (№11-РК)	90 (В+С ₁)	30-1200	Дуже слабкорядонові та слабкорядонові
Ділянка №3 (№600-е)	100 (В+С ₁)	100-600	Дуже слабкорядонові
Ділянка №3 (№44-е)	90 (В+С ₁)	165-183	Дуже слабкорядонові
Ділянка №4 (№604-е)	150 (А+В+С ₁)	185-650	Дуже слабкорядонові
Голодківська ділянка Хмільницького родовища (2021 р.)			
1981-1	260 (А+В+С ₁)	185-1480	Дуже слабкорядонові та слабкорядонові
1983		185-1480	Дуже слабкорядонові та слабкорядонові
Курортна ділянка Хмільницького родовища (2021 р.)			
5-рк	65 (А+В)	200-2500	Дуже слабкорядонові, слабкорядонові та середньорядонові

№ свердловини	Кількість запасів, м³/д (категорія)	Вміст радону, Бк/дм³	ГДК, Бк/дм³ [14, 15]
8-рк		185-1480	Дуже слабкорадоніві та слабкорадоніві
18-рк		185-1480	Дуже слабкорадоніві та слабкорадоніві

Додаток С

Результати множинного лінійного регресійного аналізу

Регресійна статистика

Множинний R	0,461533652
R-квадрат	0,213013311
Нормований R-квадрат	-0,13675855
Стандартна похибка	38,3102274
Спостереження	14

Дисперсійний аналіз

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимість F</i>
Регресія	4	3575,290	893,8226	0,6090	0,6665
Залишок	9	13209,062	1467,674		
Всього	13	16784,352			

<i>Змінна</i>	<i>Коефіцієнти</i>	<i>Стандартна похибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-значення</i>	<i>Нижні 95%</i>	<i>Верхні 95%</i>
У-перетин	1196,7667	2177,0026	0,5497	0,5959	-3727,955	6121,4888
Температура	-4,0669	4,0374	-1,0073	0,3401	-13,200	5,0662
Атмосферний тиск, мм ртутного стовпа	-1,0412	2,9814	-0,3492	0,7350	-7,7855	5,7032
Відносна вологість, %	-0,8730	1,5222	-0,5735	0,5804	-4,3163	2,5704
Опади, мм	3,6210	5,5269	0,6552	0,5288	-8,8817	16,1237

Вивід залишків

Спостереження	Передбачене Rn222, Бк/дм ³	Залишки
1	288,187634	-14,48763402
2	270,5934417	-18,29344168
3	296,3709576	2,029042365
4	289,9281275	13,67187251
5	272,1925495	19,70745054
6	298,8056424	47,79435757
7	301,2144671	11,78553289

Спостереження	Передбачене Rn222, Бк/дм³	Залишки
8	307,2281367	-14,22813668
9	306,1782266	-59,47822655
10	302,4368812	-23,63688119
11	316,8552068	49,64479316
12	334,5506038	-14,15060383
13	287,9090869	-36,90908693
14	293,4490382	36,55096184