

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля

Факультет інженерії  
(повне найменування факультету)

Кафедра хімічної інженерії та екології  
(повна назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної магістерської роботи

освітнього ступеня магістр  
(бакалавр, магістр)

спеціальності 101 – Екологія  
(шифр і назва спеціальності)

на тему: Дослідження стану геологічного середовища Сєвєродонецько-Рубіжанської міської агломерації

Виконала: здобувач вищої освіти групи

ПЕО-19дм

Ружина О.Е.  
(прізвище, та ініціали)

.....  
(підпис)

Керівник Мошонько В. І.  
(прізвище та ініціали)

.....  
(підпис)

Завідувач кафедри Суворін О.В.  
(прізвище та ініціали)

.....  
(підпис)

Рецензент Блінова Н.К.  
(прізвище та ініціали)

.....  
(підпис)

Сєвєродонецьк - 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля**

Факультет \_\_\_\_\_ інженерії \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ хімічної інженерії та екології \_\_\_\_\_  
Освітній ступінь \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_  
(бакалавр, магістр)  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 101 – Екологія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедри ХІЕ

О.В. Суворін

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

\_\_\_\_\_ Ружиній Орині Едуардівні \_\_\_\_\_

**1. Тема роботи:**

Дослідження стану геологічного середовища Сєверодонецько-  
Рубіжанської міської агломерації

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Мохоцько Вікторія Іванівна, к.геол.н. \_\_\_\_\_  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по інституту від 19.11.2020 р. № 163/15.25

**2. Строк подання студентом проекту (роботи) - 15 січня 2021 р.**

**3. Вихідні дані до проекту (роботи):** літературні, патентні та регламентні дані.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):**

Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Обґрунтування обраного напрямку досліджень. 3 Оцінка стану геологічного середовища Сєверодонецько-Рубіжанської міської агломерації. 4 Експериментальна частина. 5 Прикладна частина. 6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 7 Еколого-економічні розрахунки. Висновки. Анотація. Література.

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):**

1. Оглядова гідрогеологічна карта Луганської області (1 лист).
2. Карта загальносолевого забруднення підземних вод верхньокрейдового водоносного горизонту (1 лист).
3. Карта вмісту азотних сполук у підземних водах верхньокрейдового водоносного горизонту (1 лист).
4. Динаміка вмісту забруднюючих речовин у воді крейдомергельного водоносного горизонту (1 лист).
5. Рекомендовані програми та строки спостережень за станом підземних вод (1 лист)
6. Еколого-економічні показники (1 лист).

**6. Дата видачі завдання – 20 листопада 2020 року.**

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Пор №	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	23.11.2020	
2	Аналітичний огляд	07.12.2020	
3	Оцінка стану геологічного середовища Сєвє-родонецько-Рубіжанської міської агломерації	14.12.2020	
4	Експериментальна частина	21.12.2020	
5	Прикладна частина	28.12.2020	
6	Еколого-економічні розрахунки	11.01.2021	
7	Висновки. Анотація. Література	14.01.2021	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ Ружина О.Е.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ Мошонько В.І.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)



Инв. № подл.		Затвердив	Суворін				
--------------	--	-----------	---------	--	--	--	--

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему «Дослідження стану геологічного середовища Северодонецько-Рубіжанської міської агломерації» складається з 109 сторінок, 8 таблиць, 7 рисунків, 28 літературних джерел. Графічна частина – 6 аркушів.

ГЕОЛОГІНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ПІДЗЕМНІ ВОДИ, ЗАБРУДНЕННЯ, КАРСТОВИЙ ПРОЦЕС, АКТИВІЗАЦІЯ, КІНЕТИКА РОЗЧИНЕННЯ, КРЕЙДА, МОНІТОРИНГ

Розглянуто стан геологічного середовища та його компонентів на території Северодонецько-Рубіжанської міської агломерації. Досліджено стан підземних вод. Проведені дослідження по вивченню впливу техногенних змін хімічного складу підземних вод на кінетику розчинення крейди. Встановлено, що забруднення підземних вод сприяє значній активізації карстового процесу.

Розраховано розмір відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок забруднення підземних вод, який становить 6891403520 грн./рік.

Розроблені рекомендації по проведенню моніторингу екзогенних карстових процесів, який дозволить отримувати оперативні дані про розвиток карстового процесу та розробити протикарстові заходи на досліджуваній території.

					<b>PM.11.01.ПЗ</b>			
<b>Змі</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	<b>РЕФЕРАТ</b>	<b>Літ.</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
Розроб.	Ружина							
Перевір.	Мохонько.							
Консультант								
Н. Контр.								
Затверд.	Суворін				<b>СНУ ім. В. Даля, ПЕО-11дм</b>			

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	10
1.1 Загальне уявлення про геологічне середовище	10
1.2 Підземні води як компонент геологічного середовища	11
1.3 Карстовий процес як результат хімічної діяльності підземних вод	17
1.4 Фізико-хімічні умови розчинення мергельно-крейдяних порід	28
Висновки	30
2 ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
3 ОЦІНКА СТАНУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА СЕВЕРОДОНЕЦЬКО-РУБІЖАНСЬКОЇ МІСЬКОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ	33
3.1 Загальні відомості про район спостережень	33
3.2 Характеристика компонентів геологічного середовища Северодонецько-Рубіжанської агломерації	38
3.3 Методика проведення моніторингу підземних вод	48
3.4 Оцінка стану підземних вод за результатами моніторингу	51
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	58
4.1 Мета експериментальних досліджень	58
4.2 Хімізм карстових процесів	59
4.3 Кінетика розчинення карбонатних порід	60
4.4 Загальна схема вирішення питання про рівновагу карбонатів	63
4.5 Методика визначення іонів кальцію	64
Висновки	67

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>					
Змі	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Ружина			ЗМІСТ			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Мохонько								
Консультант					СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19дм					
Н. Контр.										
Затверд.		Суворін								

5 ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА	68
5.1 Структура та основні завдання моніторингу екзогенних геологічних процесів	68
5.2 Рекомендації щодо вдосконалення та підвищення ефективності системи моніторингу екзогенних геологічних процесів	73
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	77
6.1 Охорона праці	77
6.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях	86
7 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	95
ВИСНОВКИ	100
АНОТАЦІЯ	104
ЛІТЕРАТУРА	107

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



## ВСТУП

Найбільш вразливим компонентом геологічного середовища можна вважати підземні води. Забруднення та виснаження водних ресурсів несе в собі загрозу існування живої природи і її вищої форми – людини. В свою чергу, із забрудненням підземних вод пов'язана активізація екзогенних геологічних процесів, зокрема, карстового процесу, який можна віднести до категорії небезпечних, та в разі активізації – катастрофічних геологічних процесів. На територіях промислово-міських агломерацій активізація карстового процесу за рахунок техногенної складової пов'язана з забрудненням вод карстових горизонтів, зниженням їх рівнів, збільшенням водовідбору та іншими видами господарської діяльності. Деформації, що виникають у зв'язку з господарським освоєнням територій з розвитком карсту супроводжуються руйнуванням будівель, розривами підземних комунікаційних мереж, ускладненням експлуатації гірничих виробок, втратами водних ресурсів.

Додатковим імпульсом до розвитку карстового процесу є зміна хімічного складу підземних вод, яка збільшує їх розчинну здатність, під великими промисловими об'єктами та в межах промислово-міських агломерацій, витіки з мереж водопостачання та водовідведення, накопичувачів промислових стоків, хвостосховищ тощо. Розвиток техногенного карсту на забудованих територіях пов'язаний також з формуванням у закарстованих масивів значних за розміром депресійних воронок в районі водозаборів.

Техногенна активізація карсту створює загрозу цивільним та промисловим спорудам та об'єктам, тому карстовий процес потребує пильної уваги.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>			
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ВСТУП</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Ружина</i>							
<i>Перевір.</i>	<i>Мохонько</i>							
<i>Консультант</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Суворін</i>				<i>СНУ ім. В. Даля, ПЕО-11дм</i>			

Мета кваліфікаційної магістерської роботи - дослідження стану геологічного середовища Сєвєродонецько-Рубіжанської міської агломерації.

Для досягнення поставленої мети пропонується виконання наступних завдань:

- провести оцінку забруднення підземних вод на території міської агломерації та визначити основні джерела та фактори впливу;

- провести дослідження по визначенню впливу стічних вод промислових підприємств (на прикладі ПрАТ «Сєвєродонецьке обєднання Азот») на кінетику розчинення крейдо-мергельних порід;

- на підставі аналізу результатів досліджень обґрунтувати та розробити заходи з вдосконалення системи моніторингу екзогенних геологічних процесів на території Сєвєродонецько-Рубіжанської міської агломерації.

Об'єктом дослідження є підземні води тріщинно-карстової зони крейдо-мергельного водоносного горизонту та карстові процеси, розвинуті на території Сєвєродонецько-Рубіжанської міської агломерації.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		III

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1 Загальне уявлення про геологічне середовище

Під геологічним середовищем розуміється багатокomпонентна система, яка охоплює верхню частину літосфери та перебуває під впливом інженерно-господарської діяльності людини [1].

Верхньою межею геологічного середовища є земна поверхня; нижня границя визначається глибиною техногенного впливу в ході різних видів господарської діяльності. Максимальна глибина техногенного впливу усе більш зростає і на даний час досягає майже 12 км (глибина найбільшої свердловини).

У міських агломераціях глибина техногенного впливу складає кілька десятків чи сотень метрів. Межі геологічного середовища змінюються не тільки в просторі, але й у часі в залежності від розвитку техногенних процесів [2].

Складовими частинами геологічного середовища є:

- 1) ґрунти, штучні (техногенні) ґрунти, будь-які гірські породи, що розглядаються як багатокomпонентні динамічні системи;
- 2) рельєф і геоморфологічні особливості розглянутої території;
- 3) підземні води;
- 4) геологічні і інженерно-геологічні процеси і явища, розвинуті на даній території.

Деякі дослідники до компонентів геологічного середовища відносять також біоту, що більш доцільно з екологічної точки зору [3].

Геологічне середовище взаємодіє з різними інженерно-господарськими об'єктами та інженерними спорудами, під якими розуміються будь-які техногенні об'єкти, створені людиною в межах геологічного середовища.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>			
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Ружина</i>				<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Мохонько</i>							
<i>Консультант</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Суворін.</i>							
						<i>СНУ ім. В.Даля ПЕО-19дм</i>		

Самі вони є джерелом техногенного впливу на геологічне середовище чи його складові. Сукупність інженерної споруди з частиною геологічного середовища у зоні їх впливу, що мають фіксовані межі, називається природно-технічною системою. Природно-техногенна система охоплює деякий простір, що включає власне технічну систему, а також деяку частину геологічного середовища, або навіть навколишнього природного середовища у межах зони впливу технічної системи на середовище геологічне.

У речовинному відношенні особливість геологічного середовища полягає в тому, що поряд із природними речовинами у ньому поширені речовини антропогенного генезису, які є продуктами функціонування технічних систем чи речовинами об'єктів техносфери [4].

Сукупність конкретних властивостей (функцій) літосфери, що відображають умови існування живих організмів у даному обсязі літосфери називають еколого-геологічними умовами території.

## 1.2 Підземні води як компонент геологічного середовища

Підземні води - води, що знаходяться нижче рівня земної поверхні в товщах гірських порід верхньої частини земної кори в усіх фізичних станах.

Верховодка — безнапірний горизонт підземних вод, що залягає найближче до земної поверхні над місцевим водоупором, і що не має суцільного розповсюдження. Вона утворюється в результаті просочування дощових і талих вод. Рівень верховодки схильний до коливань залежно від гідрометеорологічних умов. Ця вода легко забруднюється, зникає в посушливу пору року або промерзає взимку, тому використовувати її в побутових цілях не можна.

Ґрунтові води — води першого від поверхні постійного водоносного горизонту, розташованого на першому водотривкому шарі, не перекритому водонепроникною породою.

Мінералізація і хімічний склад ґрунтових вод формуються і змінюються в результаті взаємодії фізико-географічних, геологічних, фізико-хімічних,

					<i>РМ.11.01.ПЗ</i>	Арк
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

фізичних, біологічних і антропогенних чинників. Роль останніх все зростає по мірі розвитку техніки і господарського освоєння територій. Для ґрунтових вод характерні зональні відмінності складу і концентрації розчинених речовин в просторі і значні коливання в часі. Оскільки географічній зональності підкоряються і інші елементи режиму ґрунтових вод (температура, рівень), можна зробити висновок про зональність ґрунтових вод.

Води міжпластові відрізняються від ґрунтових тим, що водоносний ґрунт перекритий з поверхні водотривкою кривлею. Тому живлення їх атмосферними водами відбувається тільки там, де верхній водотривкий пласт відсутній. Води пропластків підрозділяються на два типи: ненапірні (низхідні) і напірні (висхідні).

Ненапірні води міжпластів насичають водоносний пласт частково і стікають по ухилу так само, як і ґрунтові.

Напірні води міжпластів залягають в тектонічних структурах, увігнутих (мульдovidних) або похилих пластах. Їх зазвичай називають артезіанськими. Артезіанські води, залягаючи глибоко в земній корі, зазнають дію внутрішнього тепла Землі, тому вони нерідко мають високу температуру. Воду, що має температуру 37— 42° С, називають термальною, вище 42° С — гарячою (гіпертермальною).

Хімічний склад артезіанських вод вельми різноманітний. Верхні пласти в межах глибин від 100 до 600 м мають прісну або слабомінералізовану гідрокарбонатну воду; на них позначається опріснюючий вплив атмосферних, поверхневих і ґрунтових вод. Нижче залягають мінералізовані води, хімічний склад яких формується в результаті змішення верхніх прісних нижніх високомінералізованих вод. Переважно вони сульфатні і лужні.

До характерних фізичних властивостей підземних вод відносять: температуру, прозорість, колір, запах, смак і присмак, густину, стислість, в'язкість, електропровідність, радіоактивність. В основному вони такі ж, як і в поверхневих вод. У даному розділі наведемо лише ті фізичні властивості, які відрізняються від властивостей поверхневих вод.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормативні показники для води питного призначення в Україні регулюються Державними санітарними правилами і нормами "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання".

Деякі з показників води (температура, прозорість, колір, запах, смак) належать до органолептичних показників, тобто вони гостро відчуються органами почуттів людини.

Температура підземних вод змінюється в широких межах і залежить від геологічної будови та фізико-географічних умов території. У районах багатолітньої мерзлоти температура рідкої підземної води в основному близька до 0 °С, дуже мінералізовані води можуть мати температуру до -5 °С. Температура вод, які залягають неглибоко, у середніх широтах коливається в межах 5–15 °С. В областях молоді сучасної вулканічної діяльності зустрічаються джерела з температурою до 100 °С. У внутрішній геотермальній зоні на глибинах 3–4 км знаходиться вода з температурою 150 °С і вище.

Температура підземних вод змінюється в часі. Найбільш сильні – сезонні коливання температури при неглибокому їх заляганні від поверхні землі, нижче поясу постійних температур температура води збільшується з глибиною. Питна вода найбільш смачна при температурі 7–10 °С. Для лікувальних цілей (ванни) використовується вода з температурою 35–37 °С. [5]

Температура підземних вод певною мірою впливає на формування їх хімічного складу та на швидкість фізико-хімічних процесів у земній корі. Зазвичай із підвищенням температури збільшується швидкість дифузії та ступінь розчинення солей.

Густина підземних вод (як і поверхневих) залежить від температури та кількості розчинених у ній мінеральних речовин, газів і суспензованих часток. Вона змінюється від 1 до 1,4 г/см<sup>3</sup> і визначається за допомогою ареометра або пікнометра. Стислість вказує на зміну об'єму води під дією тиску. Ця властивість залежить від кількості розчинених у воді мінеральних речовин, газів та від температури.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Стислість води визначається за допомогою коефіцієнта стислості  $\beta$ , який показує, на яку частку від попереднього об'єму зменшується вода при збільшенні тиску на 105 Па. Коефіцієнт стислості підземних вод змінюється від  $2,7 \cdot 10^{-5}$  до  $5 \cdot 10^{-5}$  Па.

В'язкість підземних вод характеризує внутрішнє тертя часток під час її руху. Динамічна в'язкість води в Міжнародній системі одиниць (СІ) виражається коефіцієнтом динамічної в'язкості ( $\mu$ ), яка вимірюється в Паскаль-секундах (Па·с). Ця одиниця характеризує в'язкість середовища, при ламінарному русі якого в шарі потужністю в 1 м під дією зрушення в 1 Па виникає різниця швидкості на поверхнях шарув 1 м/с. В'язкість дистильованої води при атмосферному тиску та кімнатній температурі дорівнює 0,001 Па·с.

В'язкість підземних вод змінюється від  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $2,4 \cdot 10^{-3}$  Па·с. Зі збільшенням температури в'язкість води зменшується, зі збільшенням мінералізації – збільшується.

Електропровідність підземних вод визначають за питомим електричним опором, під яким розуміють опір циліндричного прямолінійного провідника електричного струму завдовжки 1 м і перетином 1 м<sup>2</sup>. Одиницею питомого електричного опору є Ом·м. Як уже зазначалось, електропровідність води зумовлена наявністю в ній розчинених солей і перебуває у прямій залежності від її мінералізації. Підземна вода має питомий опір від 0,02 до 1,0 Ом·м. Дистильована вода електричний струм не проводить.

Радіоактивність підземних вод викликана наявністю в ній радіоактивних речовин (урану, радію, радону, радіоактивного калію, дейтерію тощо). У Міжнародній системі одиниць (СІ) за одиницю активності ізотопу прийнято активність, при якій у радіоактивному джерелі за 1 с відбувається один акт розпаду, або 1 бекерель (1 Вк).

За кількістю еманції радону у воді (в еманах) її поділяють на: надто радіоактивну (більше 10000 еман), дуже радіоактивну (1000– 10000 еман), радіоактивну (100–1000 еман), слаборадіоактивну (10–100 еман), дуже слабо радіоактивну (менше 10 еман). За великим винятком всі підземні води тією чи

					<i>РМ.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

іншою мірою радіоактивні. До 50 % природної бета-активності підземних вод надає радіоактивний калій.

До основних хімічних властивостей підземних вод відносять мінералізацію, водневий показник (рН), окисно-відновний потенціал (Eh), жорсткість, агресивність.

За величиною мінералізації підземні води поділяються на шість груп: 1 – дуже прісні (ультрапрісні) – до 0,2 г/дм<sup>3</sup>; 2 – прісні (0,2– 1,0 г/дм<sup>3</sup>); 3 – слабосолонуваті (1,0–3,0 г/дм<sup>3</sup>); 4 – дуже солонуваті (3,0– 10,0 г/дм<sup>3</sup>); 5 – солоні (10,0–35,0 г/дм<sup>3</sup>); 6 – розсоли (> 35,0 г/дм<sup>3</sup>). Розсоли, у свою чергу, поділяються на: дуже слабкі (35,0–70,0 г/дм<sup>3</sup>); слабкі (70,0–140,0 г/дм<sup>3</sup>); міцні – (140,0–270,0 г/дм<sup>3</sup>); дуже міцні (270,0– 360,0 г/дм<sup>3</sup>); надто міцні (> 360,0 г/дм<sup>3</sup>).

За величиною водневого показника підземні води поділяються на кислі (рН = 1–3), слабокислі (рН = 4–6), нейтральні (рН = 7), слаболужні (рН = 8–10), лужні (рН = 11–14).

Окисно-відновний потенціал (Eh). У земній корі безперервно відбуваються окисно-відновні процеси. Окиснення пов'язане з віддачею електронів, відновлення – з їх приєднанням. Оскільки електрони не можуть існувати в розчині самостійно, будь-яке окиснення одного одночасно обов'язково супроводжується відновленням іншого. При цьому змінюється валентність Основним окиснювачем є кисень, Fe<sub>3</sub><sup>+</sup>, Mn<sub>4</sub><sup>+</sup> тощо; відновлювачем – сірководень, органічні сполуки, Mn<sub>2</sub><sup>+</sup> тощо.

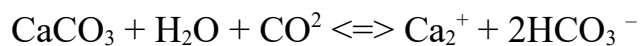
За величиною жорсткості (у мг-екв/дм<sup>3</sup>) підземна вода поділяється на: дуже м'яку – < 1,5; м'яку – 1,5– 2,9; помірно жорстку – 2,9–5,7; жорстку – 5,7– 8,6; дуже жорстку – > 8,6. Для питних вод жорсткість (за САНПіНом України) регламентована в межах 1,5–7 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Агресивність – це властивість води руйнувати будівельні матеріали. Особливо це стосується бетону, де в'язучою речовиною є цемент. Розрізняють вуглекислу, вилуговувальну, загальнокислотну, сульфатну та магнезіальну агресивності води.

					РМ.11.01.ПЗ	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



Вуглекисла агресивність води зумовлена присутністю в ній агресивної CO<sub>2</sub>. При взаємодії CO<sub>2</sub> з CaCO<sub>3</sub> відбувається реакція



При цьому руйнується кірка бетону, дозволяючи воді проникнути в середину і проявити інші види агресивності. Вода є агресивною, якщо вміст CO<sub>2</sub> перевищує його рівноважну концентрацію (згідно із зазначеним рівнянням).

Вилуговувальна агресивність води проявляється в розчиненні CaCO<sub>3</sub> і вимиванні з тіла бетону вапна (Ca(OH)<sub>2</sub>). Такою агресивністю характеризується слабомінералізовані води з низьким вмістом HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Загальнокислотна агресивність води зумовлена низькими значеннями рН. Кірка бетону з кальциту руйнується, якщо рН < 5.

Сульфатну агресивність вода проявляє при великому вмісту іону SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. При проникненні такої води в середину бетону утворюється гіпс (CaSO<sub>4</sub> \* 2H<sub>2</sub>O) та сіль Деваля (3CaO \* Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> \* 3CaSO<sub>4</sub> \* 3H<sub>2</sub>O). При кристалізації солей відбувається руйнування. Вода є агресивною при SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > 250 мг/дм<sup>3</sup>, а для цементів високої якості – більше 1000 мг/дм<sup>3</sup> [6].

Підземні води на своєму шляху не тільки рухаються по порах і тріщинах гірських порід, але і проводять в певних умовах вельми значну роботу хімічного розчинення, механічного перенесення і перевідкладення речовини. Не малу механічну роботу проводять вони іноді і в місцях свого виходу на поверхню. Ця робота підземних вод іноді приводить до істотних навіть в геологічному масштабі результатам. Найбільш яскраві її прояви: карст, суффозії, обвали і грязьовий вулканізм

На своєму підземному шляху вода зустрічає розчинні породи, до яких відносяться галогенові (кам'яна сіль, гіпс, ангідрит) і карбонатні (вапняки, доломіт, мармури) породи.

Протікаючи по тріщинах, вода, розчиняючи породи, а частково і механічно розмиваючи їх, розширює свої шляхи, часто утворюючи великі підземні порожнини або печери. Подібну роботу проводять і атмосферні води, що

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

стікають по поверхні виходів розчинних порід і просочуються в їх тріщини. Вся сукупність цих процесів носить назву карсту, або карстоутворення.

### 1.3 Карстовий процес як результат хімічної діяльності підземних вод

Термін «карст» пішов від назви плато в Словенії (Karst), складеного товстослоїстими вапняками що мало характерний вигляд. Безлесий ландшафт, що складається з окремих понижень, що нерідко містять в центральній частині воронки і пропасти, привертав дослідників, термін «карст» (німецьке читання) міцно увійшов до багатьох мов миру не дивлячись на те, що і в Чехословачії, і в Словенії ці явища називаються «красою» (або «краш», «крш» – від прислівника).

Спочатку під карстом розумілися «явища вилуговування у вапняках», таке тлумачення можна зустріти до цих пір у багатьох авторів, що істотно звужує, і не цілком виправдано, поняття. По-перше, не цілком зрозуміло значення терміну «вилуговування», а по-друге, підкреслюється тільки руйнування гірських порід, тоді як в комплекс карстових процесів входить і накопичення специфічних карстових формацій осадкових порід, що відрізняються, наприклад, від річкових опадів узгодженням з вміщуваними породами. З іншого боку, існують спроби під карстом розуміти будь-які явища, пов'язані з виборчим руйнуванням товщ гірських порід і що приводять до утворення рельєфу, що містить воронкоподібні пониження, наприклад винесення глинистого матеріалу через шар пісків, що залягають нижче. Таке визначення може добре підходити для потреб геоморфології, підкреслюючи спільність спостережуваної картини, але вносить значну плутанину, і крім того залишає без уваги ряд істотних літологічних і динамічних відмінностей між явищами винесення речовини у вигляді розчинів або ж у вигляді суспензій.

Приведемо визначення, більш відповідне літологічному підходу до проблем карсту. Карст – явище виборчого руйнування гірських порід, що частково або повністю складаються з розчинних мінералів. Одночасно з

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

руйнуванням може відбуватися процес перевідкладення речовини, часто у вигляді нових мінералів (наприклад сингенетичне карсту рудоутворення) [14].

До карстових слід відносити явища, що розвиваються у всіх розчинних природними водами гірських породах: у вапняках, доломіті і перехідних між ними різновидах карбонатних порід, вапняних конгломератах і брекчіях, крейді, крейдоподібних мергелях, мрамурі, а також в гіпсі, ангідриті, кам'яній солі, калійних, калійний-магнієвих і інших соляних породах. У основі їх виникнення лежить хімічний процес розчинення гірської породи і геологічний процес її вилуговування, тобто розчинення з наголосом (винесенням) розчиненої речовини [7].

1.2. Розрізняють такі літологічні типи карсту:

- а) карбонатний (з підтипами: вапняковий, доломітовий, крейдовий);
- б) сульфатний;
- в) соляною.

Карбонатний карст поширений найширше, але швидкість його розвитку значно менша, ніж сульфатного і соляного. У природних умовах розчинення карбонатних порід відбувається дуже поволі і можливість освіти і зростання карстових явищ за період експлуатації дорожніх споруд практично може не враховуватися. Тому основний напрям інженерно-геологічних досліджень в районах розвитку карбонатного карсту (окрім загальноприйнятих видів досліджень) повинен зводитися до встановлення положення і оцінки можливого впливу на стійкість проєктованих споруд підземних порожнин, що вже сформувалися.

Сульфатний карст поширений також достатньо широко, розчинення гіпсу і ангідритів і зростання карстових порожнин за період експлуатації споруд можуть бути значними. Провали в районах розвитку сульфатного карсту - звичайне явище. При інженерно-геологічній оцінці території в таких умовах необхідно враховувати не тільки явища і процеси, що сформувалися на момент проведення досліджень, але також повинен бути даний прогноз розвитку

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

карстових процесів і впливу їх на стійкість споруди в майбутньому.

Соляний карст зважаючи на високу розчинність кам'яної солі (318 г/л при 25 °С) розвивається надзвичайно швидко.

У природних умовах розвиток карсту приурочується до кривлі і краєвих частин соляних покладів. Соляний карст має обмежене розповсюдження.

По особливостях залягання порід, що карстуються виділяють наступні типи карсту (по Д.С. Соколову):

1. Відкритий - породи, що карстуються лежать безпосередньо на поверхні;

2. Покритий: породи, що карстуються перекриваються шарами нерозчинних водонепроникних порід;

По відношенню до рівня підземних вод породи, що карстуються залягають:

а) у зоні аерації;

б) у зоні постійного водонасичення;

в) у зонах постійного водонасичення і аерації [7].

Хімічна діяльність підземних вод у природному геологічному середовищі відбувається завдяки хімічним реакціям у системі «порода-вода-газ», серед яких провідну роль відіграють процеси вилуговування та розчинення. Такі процеси найкраще можуть бути описані законами хімічної термодинаміки, котрі дозволяють обґрунтувати як існування взаємозв'язку між самими реакціями, так і визначити кількість енергії, що витрачається на них. Це дає можливість встановити не лише спрямованість фізико-хімічних перетворень, а й визначити їхні результати у певних геологічних, гідрогеологічних та геохімічних умовах. Серед результатів хімічної діяльності підземних вод – фізико-хімічне руйнування існуючих та утворення нових мінералів і порід, формування хімічного складу підземних вод, міграція та концентрація хімічних елементів та їхніх сполук.

В процесі фільтрації підземні води постійно взаємодіють з мінеральною речовиною гірських порід (а у разі наявності – і з різними будівельними

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалами). Причому у такому випадку формується фізико- хімічна система, що складається з трьох фаз – твердої, рідинної та газовою. Тверда фаза переважно представлена мінеральною речовиною гірських порід, рідинна – підземними водами, а газова – бульбашками вільних повітряних газів (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S та ін.), що присутні у водяному розчині [8]. Ця система, взаємини якої з оточуючим геологічним середовищем носять відкритий характер, є урівноваженою і визначається такими параметрами як температура, тиск, хімічний склад, концентрації компонентів та багатьма іншими. Відкритість системи означає, що швидкості прямої і зворотної реакцій між її хімічними компонентами є практично однаковими:  $A+B=C+D$ . У цьому випадку градієнти концентрацій речовин у системі практичного відсутні, а сама вона знаходиться у метастабільному стані. Зі зміною фізико-хімічних параметрів середовища або концентрацій реагуючих компонентів процеси взаємодії між компонентами стають незворотніми. При цьому сама система втрачає рівновагу, а, відповідно і стабільність. Це призводить до зміни фізико-хімічних параметрів підземних вод і гірських порід і породжує явище масоперенесення, внаслідок якого хімічні елементи можуть переходити з однієї фази системи у іншу, намагаючись привести усю її до рівноваги з геологічним середовищем [9].

Оскільки і підземні води, і гірські породи знаходяться у однакових температурно-барометричних умовах при побудові теоретичних моделей процесів масоперенесення у конкретних гідролітичних системах можуть враховуватися лише градієнти концентрацій (хімічного потенціалу) окремих хімічних компонентів, що знаходиться у них. Виходячи з цього, у різнофазовій (гетерогенній) системі, яка аналізується у дисертації, невимушений міжфазовий перехід певного хімічного компонента може відбуватися лише із фази з більшим – до фази з меншим хімічним потенціалом. Такий перехід супроводжується зменшенням концентрації (хімічного потенціалу) речовини у першій фазі і його збільшенням у другій. Це відбувається доти, доки різниця між потенціалами не зменшиться до нуля. З досягненням цього значення настає міжфазова хімічна рівновага, а потенціали компонентів у системі

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арк
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

вцілому вирівнюється [45]. За умови, що різниця концентрацій між різними компонентами (потенціалами концентрацій) є більшою за нульове значення, у досліджуваній системі «вода - порода» процеси масоперенесення відбуваються практично безперервно, що впливає на усі її складові [2].

У карбонатно-водяних системах важливу роль відіграють і такі процеси як сорбція та йонний обмін. Сорбція, що є процесом вибіркового поглинання рідинних і газоподібних речовин твердою фазою, сприяє проникненню різних за хімічним складом водяних розчинів у породи. При цьому розрізняють адсорбцію – процес поглинання речовини лише поверхнею твердого тіла та абсорбцію – поглинання речовини усім його об'ємом. У процесі сорбції концентрації речовин у зоні контакту двох суміжних фаз стають більшими за концентрації всередині їх. Основною причиною сорбції є фізико-хімічні процеси, що протікають на межі двох фаз. Їх інтенсивність є прямо пропорційною площі взаємодії різнофазових компонентів з утворенням на границі розділу нової речовини [2]. Такий процес носить назву іонного обміну і є вільним обміном речовиною між твердою фазою і водяним розчином. Швидкість іонообмінних процесів знаходиться у прямій залежності від швидкості фільтрації підземних вод. Таким чином, у природних геологічних умовах хімічна взаємодія підземних вод з мінеральною речовиною, яка призводить до процесу карстоутворення, визначається їх фізико-хімічними властивостями [2].

Карст – геодинамічний наслідок геологічної діяльності підземних вод, що проявляється у розчиненні та вилуговуванні гірських порід з формуванням рідинного стоку. Для розвитку карсту необхідні такі фізичні умови: а) значна товщина порід, що карстуються та б) низькій рівень підземних вод [11].

В залежності від глибини карстових порожнин карст за часом утворення поділяється на молодий та древній. За розвитком покривних відкладів на породах, що карстуються, розрізняють карст відкритий (без ґрунтово-рослинного покриву) та закритий (перекритий молодшими за віком утвореннями). Формування та розвиток закритого карсту відбувається майже

					<i>РМ.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

виключно завдяки дії підземних вод, що вміщуються у водоносному горизонті в породах якого спостерігається карстоутворення. Натомість відкритий карст утворюється за участі як підземних, так і інфільтраційних вод.

Хоча найхарактернішими для розвитку карстових процесів є низинні форми рельєфу, карст може утворюватися і на височинах. Прикладом останнього є і «крейдяна брила», на якій знаходиться Святогірський монастир. Розрізняють ерозійний та змішаний карст. За морфологічними ознаками виділяються такі його форми: а) приповерхневий – епікарст (карри, понори, воронки, улоговини, а також долини – сухі, сліпі, мішкоподібні) та б) глибокий – гіпокарст (шахти, колодязі, галереї, печери та ін.). Завдяки від'ємним тектонічним рухам карстові порожнини інколи занурюються на глибини у сотні метрів, як наприклад, ущелина Жан-Бернар (Франція), що сягає глибини 1410 м [11].

Карстові форми, що перекриті молодими породами, наповнюючись водою та осадами, перетворюються у закритий або древній карст.

На основі багаторічних періодичних замірів (моніторингу) величини мінералізації сульфатно-гідрокарбонатних кальцієвих вод в одному з джерел, що розвантажуються у підніжжі «крейдяної скелі» у р. Сіверський Донець, нами було встановлено сезонні зміни мінералізації підземних вод. Весною і восени мінералізація вод знижувалася до 1,0-1,5 г/дм<sup>3</sup>, а у водах переважав йон гідроксилу (НСО<sub>3</sub><sup>-</sup>). В той же час влітку при зменшенні дебіту джерела з 1,5-2,0 л/с до 0,5-0,75 л/с у воді суттєво збільшувався вміст йону Са<sup>2+</sup> та підвищувалася її мінералізація (до 2,0-5,0 г/дм<sup>3</sup>). Це, вірогідно, є наслідком процесу хімічної денудації порід мергельно-крейдяної товщі з утворенням сучасного карсту.

Приповерхнева зона формування епікарсту характеризується специфічними гідрогеологічними особливостями завдяки пористості та тріщинуватості і, відповідно, проникненості порід, що карстуються. Зона епікарсту, у якій містяться певні динамічні запаси підземних вод, виконує роль живлячої (гідрогеологічно), реакційної (геохімічно) та рельєфоутворюючої (геоморфологічно) приповерхневої зони літосфери [12].

					<i>РМ.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

У верхній частині епікарстової зони інфільтраційні водяні потоки є агресивними до карбонатних порід за рахунок присутності атмосферного CO<sub>2</sub>. Внаслідок цього тут спостерігаються процеси розчинення мінеральної (карбонатної) речовини, що обумовлює збільшення пористості та проникності порід. Саме тому близько 70% карстової денудації відбувається у 10-метровому інтервалі глибин епікарстової зони. Внаслідок цього в ній спостерігається і найбільша водонасиченість вивітрилих порід. Під зоною вивітрювання залягають породи «вадозної зони», пористість і проникність яких є набагато нижчою.

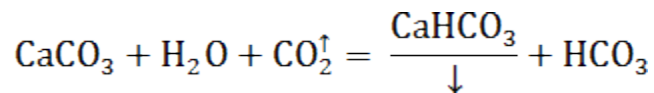
Товщина та конфігурація епікарстової зони у карбонатних породах залежить від різних геологічних, гідрогеологічних, геохімічних та геоморфологічних факторів. Пористість гірських порід у її межах часто складає від 2 до 30% [12].

Підземні води відіграють виняткову роль у хімічному перетворенні карбонатних порід. Геохімічна робота підземних вод складається з вилуговування і розчинення та виносу з них мінеральної речовини. Схематично карстоутворення можна розбити на три послідовних стадії:

1) надходження розчинника (води) до поверхні породи; 2) вилуговування і розчинення твердої речовини (фазового переходу) та 3) видалення фільтраційними потоками підземних вод продуктів реакцій від поверхні денудації. У природних умовах параметри системи «порода-вода», в межах якої відбуваються процеси карстоутворення, мають квазістабільний характер, а розчинення мінеральної речовини у підземних водах визначається, головним чином, величиною градієнта концентрації між рідинною фазою (водою) та шаром насиченого розчину, що утворюється на її контакт з карбонатною речовиною порід. Головним каталізатором процесу карстоутворення у карбонатних породах є двооксид вуглецю (CO<sub>2</sub>), що присутній у воді як у вільній, так і в розчинній формах. Процес хімічної взаємодії води з карбонатною породою у присутності CO<sub>2</sub> відбувається за відомою реакцією:

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.





Як надходження в систему «порода-вода» розчинника (підземних вод), так і відведення розчинної речовини обумовлюється, головним чином, конвективною дифузією, яка за короткий час здатна перерозподілити значні маси речовини. У випадку розчинення або вилуговування поверхні карбонатної гірської породи кількість речовини (Q), що переходить у розчин, визначається рівнянням:

$$Q = a l C_k \sqrt{\frac{4 D_v V}{\pi l}},$$

де а та l – відповідно ширина і довжина пласта порід, що карстуються;

C<sub>к</sub> – градієнт концентрації;

D<sub>v</sub> - коефіцієнт конвективної дифузії;

V – швидкість руху підземних вод.

Швидкість розчинення гірської породи є пропорційною квадратному кореню швидкості руху підземних вод. З цього витікає, що інтенсивність розвитку карсту цілком залежить від швидкості фільтрації підземних вод [13].

Карст найінтенсивніше розвивається на ділянках надходження у систему «порода-вода» агресивних (по відношенню до карбонатних порід) вод та газів, що співпадають з осередками висхідного розвантаження глибинних флюїдів (лужні води, двооксид вуглецю та ін.). Такі ділянки, як правило, приурочені до тектонічно активних розривних порушень з якими пов'язані зони розуцільнення (тріщинуватості) у гірських породах. Формування підземних вод у карстових колекторах верхньокрейдових карбонатних порід супроводжується і інтенсивним поглинанням інфільтраційних та поверхневих вод. Це пов'язано тут з підвищеною проникністю гірських порід у зоні аерації. У карстових масивах поверхневі води дуже швидко просмоктуються по капілярах та тріщинах у водоносні горизонти, перетворюючись у підземні, що призводить до частого порушення хімічних рівноваг у системі «порода-вода», і як наслідок – інтенсивного руйнування порід-колекторів [12].

					РМ.11.01.ПЗ	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

За хімічним складом підземні води зони інфільтрації території досліджень є переважно гідрокарбонатними змішаного катіонного складу. Найактивніший реагент з карбонатними породами – двооксид вуглецю – здебільшого знаходиться в них у концентраціях до 10,0-30,0 мг/дм<sup>3</sup>. Але в місцях де породи розбиті тектонічними тріщинами вміст CO<sub>2</sub> у воді дуже часто набагато перевищує ці значення, досягаючи 100,0 мг/дм<sup>3</sup> і більше, що може пояснюватися лише підтоком двооксиду вуглецю з глибоких горизонтів палеозою. Слід зазначити, що саме з такими ділянками і пов'язані процеси інтенсивного розвитку карсту в межах «крейдяної брили».

У районах відкритого карсту існує специфічна гідродинамічна зональність (рис. 1.1)

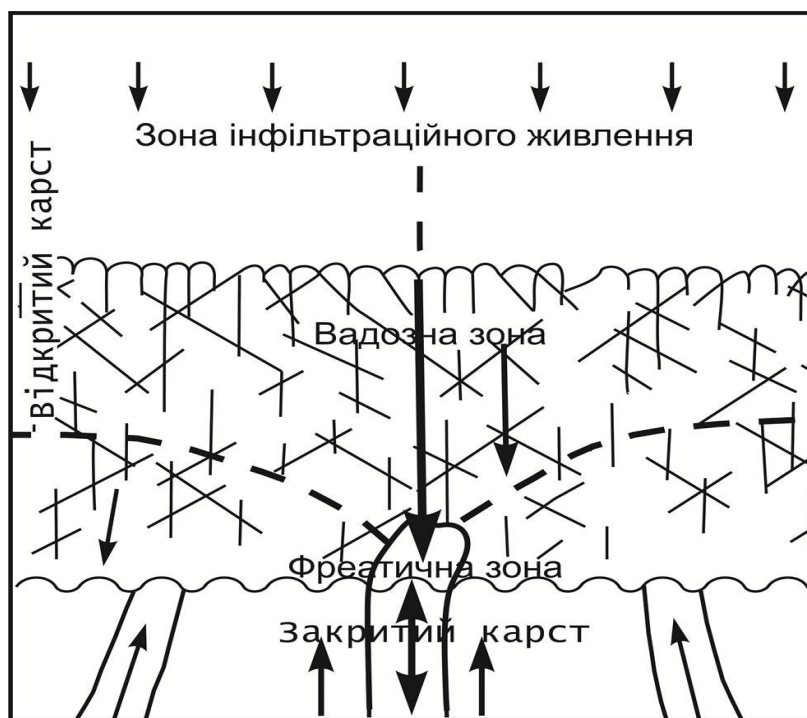


Рис. 1.1. Схема гідродинамічної зональності у відкритому карстовому масиві (за О. Климчіуком, 2009)

Згори донизу виділяються:

					РМ.11.01.ПЗ	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

а) зона живлення (грунтовий покрив та епікарст), де відбуваються акумуляція інфільтраційних вод;

б) вадозна зона, живлення якої здійснюється за рахунок інфільтраційних вод та

в) фреатична зона, у якій тріщино-порожнинне середовище повністю заповнено підземними водами, що рухаються у напрямку зменшення градієнта тиску [12].

Зона живлення (до глибини 5,0-10,0 м) зазвичай включає ґрунтовий покрив та епікарстову підзону. Вадозна зона, що може мати товщину від декількох до тисячі метрів, характеризується вільним гравітаційним рухом підземних вод від зони розвитку епікарсту до фреатичної зони. Окрім того, у регіонах з континентальним кліматом може бути виділена й підзона сезонних коливань рівнів підземних вод, живлення якої відбувається за рахунок вод зони аерації і дуже залежить від періодичності та кількості інфільтрації атмосферних опадів. Під час весняного розтавання снігу та дощового періоду восени, водоносні колектори, як правило, повністю заповнюються водою. Натомість спекотним літом і холодною зимою вони, переважно, бувають заповнені атмосферним повітрям. Фреатична зона (зона повного насичення) є водоносним комплексом безнапірних вод з вільною поверхнею. Локальні напори тут іноді виникають у карстових каналах та порово-тріщинних колекторах завдяки різким змінам умов живлення [11]. Приблизно така ж картина спостерігається у приповерхневій частині (перші десятки метрів). Нижче, завдяки напірному характеру підземних вод і висхідному розвантаженню глибинного флюїдного потоку.

Карстоутворення суттєво впливає на усі елементи природного ландшафту, а разом з тим і на будівельні об'єкти, споруджені на породах, охоплених карстом, що проявляється у хімічному руйнуванні основ будівель і споруд. Причому, чим древнішими є карстові процеси, тим більшого ризику зазнають

					<i>РМ.11.01.ПЗ</i>	Арк
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

будівельні конструкції. З іншого боку – чим старшими за часом забудови є будівельні конструкції у зоні ризику, тим більшою є вірогідність їх деформації та руйнування унаслідок процесів карстоутворення.

Інфільтраційні та підземні води, що вміщуються у карстових колекторах, постійно розчинюють та переносять речовину карбонатних порід. Це призводить до постійного збільшення розмірів карстових порожнин, що, у свою чергу, є суттєвим фактором збільшення інтенсивності гідродинамічних процесів у підземній гідросфері.

Слід зазначити, що інтенсивність карстової денудації на ділянках, що розташовані вище місцевих базисів дренажування може бути на порядок вищою, ніж для порід такого ж складу але залягаючих на нижчих гіпсометричних відмітках. Це є свідченням того, що карстовий процес не лише пов'язаний з хімічною діяльністю підземних вод, а й є прямим наслідком особливостей їхньої динаміки.

Серед негеологічних чинників впливу на взаємодію підземних вод з мінеральною речовиною гірських порід особливо слід виділити природну живу речовину (біоту) – рослинність, мікроорганізми, тваринний світ та антропогенні (техногенні) процеси. Усі вони є характерними для зони вільного водообміну, яка в цілому співпадає з зонами гіпергенезу і геологічного вивітрювання.

Жива органічна речовина присутня як у гірських породах, так і у підземних водах. Коріння дерев і трав'яного покриву активно руйнують ґрунти і приповерхневу частину порід, а продукти їх життєдіяльності впливають на фізико-хімічні параметри підземних вод (рН, Eh, газовий склад та мікроелементний склад). Мікроорганізми приймають участь у окислювально-відновлювальних реакціях: біогеохімічні процеси за участю живих організмів різних форм організації призводять до змін геохімічних особливостей підземних вод, тим самим часто посилюючи їх агресивний вплив на гірські породи. Все це спричиняє мобілізацію хімічних елементів та сполук із твердої фази у рідинну з одночасною активізацією їх міграції у водяних розчинах. Вплив цього фактора на розвиток карбонатного карста практично не

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

досліджувався. Тому у своїх подальших роботах автор планує приділити цій проблемі особливу увагу.

У міських та індустріальних умовах важливу роль у геохімічних процесах в системі «порода-вода» відіграють антропогенні (техногенні) фактори. Вони можуть проявлятися як через фізико-хімічне руйнування масивів гірських порід, на яких збудовано будівлі та споруди, так і через штучне забруднення підземних вод аж до зміни їх геохімічного типу. Такі води цілком правомірно називати «антропогенними». Поява їх пов'язана з процесами інтенсивного забруднення підземної гідросфери, яке може носити як локальний, так і регіональний характер [14].

#### 1.4 Фізико-хімічні умови розчинення мергельно-крейдяних порід

Різноманітність фізико-хімічних параметрів підземних вод, що розвантажуються у зонах глибоких розривних порушень, дає усі підстави вважати, що окрім механічної, такі агресивні щодо карбонатів води здійснюють на породи мергельно-крейдяної товщі і хімічну дію. А саме з останньою і пов'язані процеси карстоутворення.

Геохімічні особливості складу підземних вод, що розвантажуються з тріщини у мергельно-крейдяних породах вказують на дві їхні особливості: а) живлення за рахунок вод глибоких горизонтів за участі ендегенних флюїдів та б) активне розчинення ними карбонату кальцію в процесі його хімічної взаємодії з джерельною водою. Суттєву роль у цих реакціях відіграє  $\text{CO}_2$ , який у десятки разів прискорює перехід йонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{CO}_2$ -3 у розчин.

Гідрогеологічні особливості верхньокрейдяних порід мергельно-крейдяної товщі дозволили з'ясувати закономірності інтенсивності процесів розчинення крейди ( $\text{CaCO}_3$ ) у різних фізико-хімічних умовах системи «крейда-вода». Вплив основних показників води на перехід йонів  $\text{Ca}^{2+}$ (ум.од.) у розчин аналізувався в залежності від хімічного складу (геохімічного типу), присутності вільного двооксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ , мг/дм<sup>3</sup>), мінералізації (г/дм<sup>3</sup>) та величина

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

pH підземних вод.

Експериментально було встановлено, що максимальна розчинність карбонату кальцію спостерігається у гідрокарбонатних натрієвих (ГН) водах. Трохи нижчою вона є у водах гідрокарбонатного кальцієвого, магнієвого (ГК) та хлоридного натрієвого (ХН) складу. А найнижчою розчинність кальциту спостерігається у сульфатних (С) водах різного катіонного складу.

Це може бути пов'язане як з хімічним складом, так і з мінералізацією та pH розчинів, які є характерними для кожного із зазначених їх типів. Так, присутність солей NaCl та йонів  $SO_4^{2-}$  у розчині, значно зменшує розчинність у воді  $CO_2$ , що у свою чергу гальмує розчинні процеси у системі «кальцій-вода».

Як свідчать результати лабораторних експериментів саме розчинений у воді двооксид вуглецю значною мірою регулює перехід іонів  $Ca^{2+}$  з твердого карбоната кальція у розчин. Дослідження, проведені на основі геологічних фактичних матеріалів довели існування прямої залежності між концентраціями у воді розчинного  $CO_2$  та вмістом йонів  $Ca^{2+}$  у пробах, відібраних з верхньокрейдової карбонатної товщі. Таким чином, дисертаційні експерименти на основі фактичного матеріалу польових робіт підтверджують висновки інших дослідників.

За даними автора розчинність кальциту різко підвищується при переході від низькомінералізованих (0,1-10,0 г/дм<sup>3</sup>) вод до слабких розсолів ( $M > 30,0$  г/дм<sup>3</sup>). Подальше збільшення мінералізації значно менше впливає на інтенсивність переходу йонів  $Ca^{2+}$  у розчин, що підтверджується експериментальними лабораторними дослідженнями.

В нейтральних умовах (pH 6,8-7,2) вона мінімальна, у слабко кислих (pH < 6,8) – незначно підвищується, а у лужних (pH > 8,0) – різко збільшується (рис. 1.2, г). Це можна пояснити тим, що з підвищенням лужності у розчині зростає концентрація йонів водню ( $H^+$ ), які активно заміщують йони  $Ca^{2+}$  у карбонатних породах [14].

					РМ.11.01.ПЗ	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

## Висновки

Підземні води характеризуються двома основними видами геологічної діяльності – фізичною (механічною) та хімічною (розчинною), геодинамічними наслідками якої у карбонатних породах є, відповідно суфозія та карст. У карбонатно-водних та карбонатно-водно-газових системах важливу роль при цьому відіграють процеси сорбції та іонного обміну – реакції між твердою фазою і водяним розчином, які обумовлюються законами термодинаміки та фізичної хімії.

Для розвитку карсту необхідні такі основні умови: а) фізичні – значна товщина карбонатних порід та низький рівень підземних вод; б) хімічні – лужність підземних вод гідрокарбонатно-натрієвого складу і присутність у них розчинного та вільного двооксиду вуглецю.

За ознаками карст поділяється на: молодий та древній, відкритий і закритий, ерозійний та змішаний, приповерхневий (епікарст) та глибокий (гіпокарст). У районах відкритого карсту існує гідродинамічна зональність, що проявляється у існуванні згори до низу зон: а) живлення; б) вадозної та в) фреатичної.

Гідрогеологічні особливості розвитку карсту на території досліджень ґрунтуються на ролі тріщинно-порожнинного простору у фільтрації підземних вод різного формування та висхідному розвантаженні агресивних до карбонатів вод глибоких горизонтів та двооксиду вуглецю, а також несприятливих фізико-хімічних умовах розчинення мергельно-крейдяних порід.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

## 2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Карст є особливо небезпечним екзогенним процесом, його активізація може призводити до виникнення миттєвих провалів або осідання земної поверхні. На територіях промислово-міських агломерацій активізація карстового процесу за рахунок техногенної складової пов'язана з забрудненням вод карстових горизонтів, зниженням їх рівнів, збільшенням водовідбору та іншими видами господарської діяльності. Деформації, що виникають у зв'язку з господарським освоєнням територій з розвитком карсту супроводжуються руйнуванням будівель, розривами підземних комунікаційних мереж, ускладненням експлуатації гірничих виробок, втратами водних ресурсів.

Поширення підземних і поверхневих карстопроявів відмічається майже на всій території України, їх кількість перевищує 27 тис. одиниць (рис. 2.1) [15].

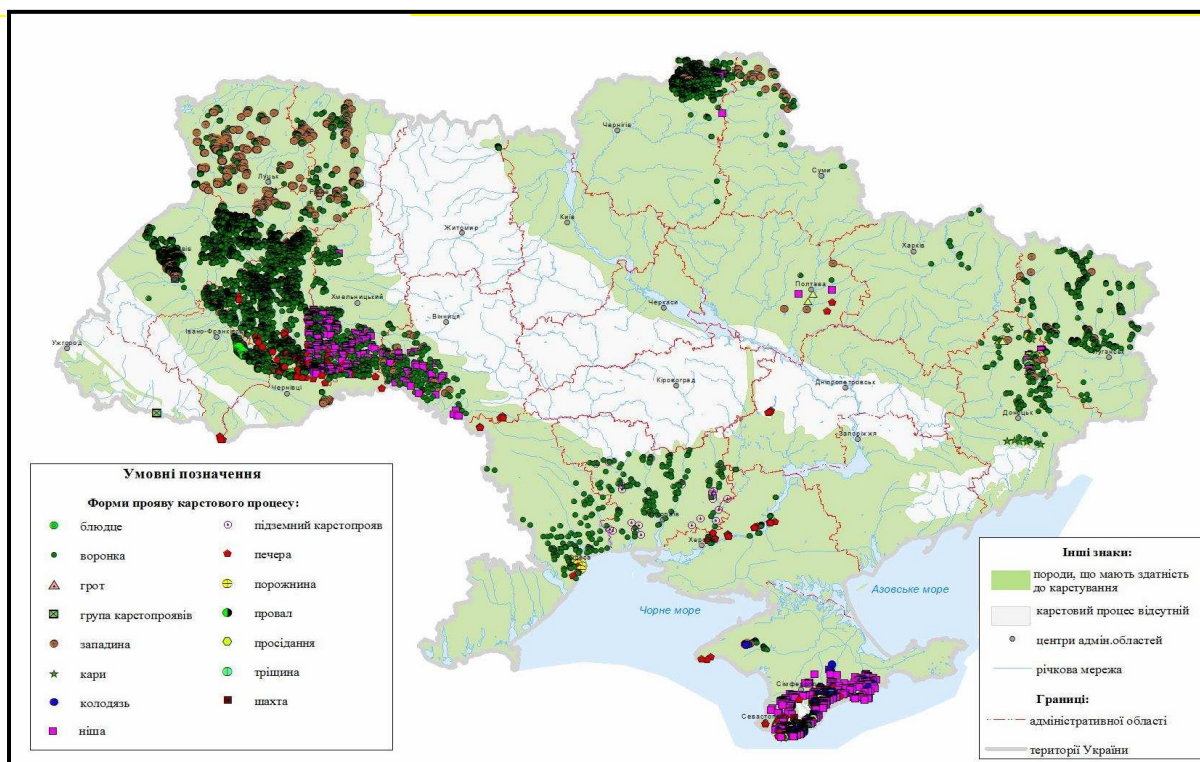


Рис. 2.1 Поширення карстопроявів на території України

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>			
Змі	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ружина			<b>ОБГРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Мохонько.						
Консультант						<b>СНУ ім. В.Даля, ПЕО- 19дм</b>		
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін						



Техногенна активізація карсту створює загрозу цивільним та промисловим спорудам, тому карстовий процес потребує пильної уваги.

Додатковим імпульсом до розвитку карстового процесу є зміна хімічного складу підземних вод, яка збільшує їх розчинну здатність, а також підвищення температури породного масиву, особливо під великими промисловими об'єктами та в межах промислово-міських агломерацій, витіки з мереж водопостачання та водовідведення, накопичувачів промислових стоків, хвостосховищ тощо. Розвиток техногенного карсту на забудованих територіях пов'язаний з формуванням у закарстованих масивів значних за розміром депресійних воронки в районі водозаборів.

Таким чином, стан геологічного середовища будь-якого регіону обумовлений станом його окремих компонентів, щільно пов'язаних один з одним. Найбільш вразливими компонентами геологічного середовища районів розвитку розчинних порід є підземні води, зміна хімічного складу яких внаслідок техногенного забруднення сприяє активізації екзогенних процесів, зокрема, карстового процесу. Дослідження стану підземних вод, та фізико-хімічних процесів, що відбуваються в осередках їх забруднення, дозволить розробити рекомендації, направлені на покращення стану геологічного середовища та його окремих компонентів.

Одним з основних завдань досліджень є дослідження кінетики та механізмів розчинення порід, що карстуються, під дією техногенних факторів.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 ОЦІНКА СТАНУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА СЄВЕРОДОНЕЦЬКО-РУБІЖАНСЬКОЇ МІСЬКОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ

### 3.1 Загальні відомості про район спостережень

#### 3.1.1 Орогідрографія

Територія Сєверодонецько-Рубіжанської міської агломерації розташована в степовій природно-географічній зоні в межах Середньо-Руської височини.

Головну роль у формуванні сучасного рельєфу названої території відіграли тектонічні переміщення земної кори. Процеси вивітрювання, денудації та акумуляції в пізніший геологічний період надали рельєфу його сучасні риси.

Головною водною артерією Луганської області є р. Сіверський Донець, яка протікає в широтному напрямку. Вона поділяє область на дві нерівномірні території. На правобережжі р. Сіверський Донець розташована Донецька денудаційна рівнина, з густою мережею балок та ярів. Глибина ерозійного врізу тут дорівнює 100 м, абсолютні відмітки вододілів 130 – 176м. Рельєф правобережжя обумовлений наявністю густої річкової та яружно-балочної мережі. Вододільні простори вузькі, витягнуті в меридіональному напрямку. Абсолютні відмітки вододілів коливаються від +210м до +232м. Для лівобережних річок характерні пологі ліві береги та круті праві. Заплави річок знаходяться нижче поверхні межиріч на 100 – 150м.

Поверхня північної частини має нахил на південь. В центральних частинах абсолютні відмітки знижуються до 160 – 180м, а в межах лівобережної Донецької терасової рівнини – від 150 до 40м.

Ріка Сіверський Донець на всьому протязі має правий крутий берег, навіть обривистий, лівий навпаки, пологий.

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>			
<b>Змі</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.	Ружина				ОЦІНКА СТАНУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА СЄВЕРОДОНЕЦЬКО- РУБІЖАНСЬКОЇ МІСЬКОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Мохонько							
Консультант								
Н. Контр.								
Затверд.	Суворін							
						СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19дм		

Гідрографічна мережа відноситься в основному до системи р. Сіверський Донець. В таблиці 3.1 наводяться відомості про найбільші з них.

Таблиця 3.1 – Відомості про найбільші річки району досліджень

Назва річки	Довжина її в межах області, км	Швидкість течії, м/с	Нахил річки середньозважений, %
1	2	3	4
Сіверський Донець	265	0,2 – 0,4	0,18
<i>Ліві притоки р. Сів. Донець:</i>			
Красна	131	0,2 – 0,4	0,34
Борова	87	0,3	0,62

Річки лівобережжя р. Сіверський Донець характеризується великою довжиною, течуть у широких долинах з крутим правим та пологим низьким лівим схилами.

Заплави річок широкі, рівні, зрізані численними старицями. Русла річок помірно звивисті, влітку заростають водною рослинністю. В межень ширина річок змінюється від 2 до 60м, глибина 0,2 – 1м, швидкість течії 0,1 – 0,3м/с, на перекатах перевищує 1м/с. Під час весняної повені заплави затоплюються на глибину 0,5 – 1,5м, строком на 10 – 20 днів. Після повені багато річок пересихають. Основним джерелом живлення є талі снігові води, влітку та восени – живлення підземними водами.

Основне живлення поверхневого стоку р. Сіверський Донець отримує за рахунок сніготанення, яке дає 40 – 80% річного стоку. Глибина річки не постійна – на плесах у межень до 5 – 7м, на перекатах 0,8м. Рівневий режим характеризується різко вираженим піком повені, плавною та низькою ходою рівнів у меженний період.

Найбільші витрати біля м. Лисичанськ спостерігались в 1942р. – 3316м<sup>3</sup>/с, найменші в 1972р. – 4,8м<sup>3</sup>/с.

### 3.1.2 Геоморфологія

									Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	РМ.11.01.ПЗ				

Територія Сєверодонецько-Рубіжанської агломерації розташована в межах таких основних геоморфологічних структур: Старобільське плато і Придонецька терасова рівнина.

Старобільське плато (південні відроги Середньоруської височини), в геоструктурному відношенні приурочене до південного схилу Воронежського кристалічного масиву.

Плато має загальний нахил поверхні з півночі на південь, згідно з яким згідно з яким течуть найбільші лівобережні притоки Сіверського Дінця: Жеребець, Красна, Борова, Айдар, Деркул та інші, розрізаючи його на ряд вузьких вододільних вилообразно розгалужених смуг. Найбільші висоти Старобільського плато досягають 220 – 233 метрів.

Річкові долини добре розроблені, глибоко врізані, широкі, мають чітко виражену асиметрію: правий берег високий і крутий, лівий – низький і пологий. В долинах Айдару, Красної і багатьох інших річок розвинені тераси: заплавна, надзаплавна (піщана) і лесова. Правобережні схили долин характеризуються інтенсивною яружністю – порізані глибокими ярами і балками, тут нерідко зустрічаються зсуви. Особливо розвинута яружно-балкова мережа в басейнах Деркула та Айдару, де густота її становить 0,5 – 1,2 км на квадратний кілометр.

Верхів'я деяких сусідніх ярів і балок з'єднуються, відчленяють ділянки корінного схилу і утворюють острівні «гори», які різко підносяться над днищем річкових долин. Прикладом може бути Городищенська гора в долині річки Деркул, біля села Городище. Відносна висота її над дном долини досягає 60 метрів.

У місцях виходу на денну поверхню крейдових відкладів зустрічаються нерівності дрібного поверхневого карсту. Представлені ці відклади неглибокими карстовими борознами, невеликими карстовими западинами.

Придонецька терасова рівнина простягається суцільною смугою шириною від 6 до 30 кілометрів (між Старобільським плато на півночі і Донецьким кряжем) на півдні. Цю рівнину утворюють тераси Сіверського Дінця.

					РМ.11.01.ПЗ	Арку ш .
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Заплавна тераса Сіверського Дінця тягнеться безперервно. На величезному протязі вона є двосторонньою. Ширина її коливається від 0,5 до 3 кілометрів. Складена різними пісками, які часто бувають покриті суглинками або глинами.

Піщана (борова) тераса поширена переважно на лівобережжі річки Сіверський Донець. Вона зазвичай відокремлюється від заплавної тераси уступом висотою 10 – 16 метрів. Поверхня її досить нерівна, горбиста. Характерним елементом рельєфу тут є сформовані вітром піщані дюни, що підносяться на 1,5 – 12 метрів над численними улоговинами, в яких зрідка зустрічаються невеликі озера.

### 3.1.3 Клімат

Клімат області континентальний з яскраво вираженими суховіями. Для області характерні великі амплітуди коливання температури повітря, а також сильні вітри східного напрямку, які часто приносять засуху.

Найтепліший місяць року – липень. Середня температура у липні  $+21^{\circ}\text{C}$  –  $+22,3^{\circ}\text{C}$ , максимальна –  $+41^{\circ}\text{C}$ .

Найхолодніший – січень. Середня температура –  $-7^{\circ}\text{C}$  –  $-7,7^{\circ}\text{C}$ , мінімальна –  $-42^{\circ}\text{C}$ .

Атмосферні опади відіграють вагому роль у процесі формування стоку. Для опадів характерна, велика мінливість у часі та по площі.

На розподіл річних опадів по території чинять вплив циркуляційні особливості атмосфери та рельєф місцевості.

На півночі області річна сума опадів близько 500 мм, а в багатоводні роки їх випадає до 700 мм.

Максимум опадів, за даними багаторічних спостережень, випадає в червні або липні (60 – 70 мм), мінімум – у лютому або березні.

В середніх та нижніх частинах лівобережжя р. Сіверський Донець випадає на рік 440 – 470мм опадів. Річний максимум відмічається в червні (50 – 60мм), мінімум – у вересні.

					РМ.11.01.ПЗ	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		ш

Річний розподіл опадів проходить таким чином: 30% випадає влітку, 70% – навесні, восени та взимку, з них лише 18 припадає на тверді опади.

Підземні води водоносного горизонту в зоні тріщинуватості мергельно-крейдової товщі туронського-маастріхтського ярусів верхньої крейди отримує поповнення запасів підземних вод за рахунок алювіального водоносного горизонту, який в свою чергу поповнюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та паводковими водами, а також через яружно-балочну мережу, оскільки більшість балок мають вріз у верхньокрейдові відклади безпосередньо або ці відклади перекриті малопотужним покривом суглинків. Тому атмосферні опади відіграють важливу роль в формуванні запасів підземних вод водоносного горизонту в зоні тріщинуватості мергельно-крейдової товщі туронського-маастріхтського ярусів верхньої крейди.

Кількість середніх багаторічних опадів та на рік 95% забезпеченості по вищеназваній метеостанції наводиться в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Середні багаторічні опади та на рік 95% забезпеченості

Назва метеостанції	Опади, мм	Опади, мм
	середні багаторічні	на рік 95% забезпеченості
м. Сватове	502,8	300,8

На території області спостерігається велика різниця вологості повітря по площі та протягом усього року. Така різниця пов'язана з особливостями циркуляції атмосфери, температурними умовами та місцевими особливостями підстилаючої поверхні.

Абсолютна вологість та нестача насичення збільшується з півночі на південь і відповідає розподілу температури повітря та опадом.

Найнижчі значення абсолютної вологості спостерігаються в найхолодніший період року (з листопада до березня). Мінімум відноситься до січня-лютого. З ростом температури абсолютна вологість збільшується в квітні на 2 – 3мб, спостерігається також різкий зріст дефіциту вологості.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

В річному розрізі максимум спостерігається в липні. Літом зі зменшенням вологості повітря збільшується випаровування і як наслідок, зменшується інфільтрація.

Загальне випаровування в річному розрізі перевищує випадання опадів. Цей факт негативно впливає на природне поповнення запасів підземних вод.

### 3.2 Характеристика компонентів геологічного середовища Сєверодонецько-Рубіжанської агломерації

#### 3.2.1 Геологічна будова

У тектонічному відношенні територія належить до південному схилу Воронежської антеклізи, яка межує з Донецькою складчастою спорудою по Сєверодонецькому насуву.

На південному схилі Воронежської антеклізи тектонічні посування докембрійського фундаменту, залягаючого на глибинах до 3000м, на усіх фазах герцинського та альпійського орогенезів носили коливальний характер, безпосередньо відбитий в структурних планах усіх поверхів. Донецька складчаста споруда, де докембрійський фундамент занурений на значну глибину (до 12км) піддавалась, поряд з вертикальними рухами, й боковим стисненням.

Південний схил Воронежської антеклізи характеризується моноклінальним заляганням порід з кутом падіння 1 – 5° нахилених до півдня, південного заходу. Вищеназвана монокліналь порушена більш пологими та широкими складками другого порядку, простягання яких фіксується з заходу на схід.

Південний схил Воронежської антеклізи у смузі між регіональними порушеннями – Краснорецьким скидом та Сєверодонецьким насувом ускладнений цілим рядом брахіантиклінальних газових структур.

На кристалічних породах докембрію з різкою стратиграфічною незгідністю залягає товща осадових порід палеозою, мезозою та кайнозою.

										Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

РМ.11.01.ПЗ

Палеозойські відклади представлені кам'яновугільною та пермською системами.

Відклади кам'яновугільної системи розвинуті повсюдно. У межах Старобільсько-Мілеровської монокліналі вони перекриті суцільною товщею мезо-кайнозоя потужністю від 150м на півночі до 60м у зоні зчленування з Донецькою складчастою спорудою.

Характерною рисою у розрізі карбону є ритмічна зміна морських, континентальних та перехідних фацій, циклічність в осадконакопиченні.

Кам'яновугільні відклади представлені трьома відділами ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ). На південному схилі Воронезької антеклізи нижній карбон, за винятком низів візейського ярусу, представлений карбонатними відкладами, переважно вапняками з древнім карстом. Далі на південь у відкладах нижнього карбону переважають теригенні відклади.

Середній карбон ( $C_2$ ) представлений башкирським та московським ярусами. Башкирський ярус складений пачками алевролітів, аргілітів, пісковиків з проверстками вугілля. На півночі питома вага вапняків у розрізі ярусу зростає. Вапняки сильно тріщинуваті, закарстовані. Потужність відкладів  $C_2$  становить 10 – 200м.

Верхній карбон ( $C_3$ ). У літологічному розрізі переважають сланці з проверстками пісковиків (55%) та вапняків (10 – 20%), вугілля відсутнє. Для розрізу верхнього карбону характерна наявність червонокольорових порід. Потужність відкладів світи  $C_3$  – від 0 до 800м.

Кам'яновугільні відклади містять вугілля марок Д, Г, Ж, К, ОС, Т, ПА, А. Відповідно змінюється й характер вміщуючих порід. У місцях розповсюдження вугілля низького ступеню метаморфізму пісковики мають велику пористість, яка сягає 20 – 30%, відрізняються малою міцністю й тріщинуватістю. Зі збільшенням ступеня метаморфізму порід пористість пісковиків змінюється до 2 – 3%, а тріщинуватість збільшується.

										Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

PM.11.01.ПЗ



Мезозойські відклади розвинуті у межах Старобільсько-Мілеровської монокліналі та у північній зоні дрібної складчастості. Мезозой складений тріасовою, юрського та крейдіяною системами.

Тріасові відклади (Т) розповсюджені у західній та центральній частинах області та заповнюють зниження й западини. Незгідно залягають на карбоні та пермі. Представлені слабозцементованими пісками та пісковиками у нижній частині товщі, у верхній – строкатобарвні глини. Потужність їх збільшується з південного сходу на північний захід та сягає 350м. Викрита потужність – 100м.

Юрські відклади (І) розповсюджені тільки на заході та представлені осадами тоарського, ааленського, байоського, батського, келовейського ярусів. На поверхню не виходять. Літологічно це сланцюваті глини, кварцові піски, пісковики, коSOEVERСТВУВАТІ піски. Загальна їх потужність становить 150 – 180м.

Верхньокрейдові відклади (К<sub>2</sub>) розвинуті на південному схилі Воронезького кристалічного масиву та у північній зоні дрібної складчастості. Залягають з великою перервою на тріасових та кам'яновугільних відкладах. Представлені сеноманським, туронським, коньякським, сантонським, кампанським та маастрихтським ярусами.

Крейдові відклади трансгресивно перекриваються палеогеновими чи більш молодшими відкладами. У верхньокрейдових відкладах виділяється тріщинно-карстова зона, до якої належить основний питний водоносний горизонт області, який використовується для централізованого водопостачання.

Кайнозойська група представлена трьома системами: палеогеновою (Р), неогеновою (N) та четвертинною (Q).

Кайнозойські відклади добре відслонені, складені переважно теригенними породами, сягаючими максимальної потужності на привододільному просторі.

Палеогенова система (Р) представлена відкладами палеоцену, еоцену, олігоцену.

Палеоценові відклади мають фрагментарний розвиток та належать до північно-західної та північно-східної частини території. Представлені пісками, пісковиками з проверстками глин і алевритами. Потужність їх сягає 7м.

									Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

РМ.11.01.ПЗ

Еоценові відклади представлені канівською, бучакською та київською світами, які розвинуті в крайній північно-західній частині території та складені опоковидними, місцями вапнистими глауконітовими пісковиками й алевролітами потужністю до 8м.

Відклади канівської світи розповсюджені спорадично та літологічно нестійкі. Складені глауконітовими пісками з лінзами пісковиків, опоковидних алевролітів, пісковиками. Потужність їх до 8м.

Бучакська світа за межами відкритого Донбасу поширена повсюдно, за винятком долин річок, тальвегів балок та ярів. Відклади представлені кварцовими пісками з лінзами пісковиків, сипкими пісковиками з базальним гравієм. Потужність їх 0 – 50м.

Київська світа. Відклади залягають з розмивом на нижчезалягаючих різновікових відкладах, перекриваються більш молодими, добре відслонені по бортах річок, балок та ярів. Представлені мергелями, вапнистими та алевритовими глинами, пісками. Потужність відкладів 35 – 40м.

До складу олігоценних відкладів входять межигірська та берекська світи.

Межигірська світа (P<sub>3</sub>mž) відклади світи залягають на вододільних частинах сучасного рельєфу. Представлені глауконітовими пісками та пісковиками з рідкими проверстками глауконітових глин. Потужність відкладів змінюється від 10 до 35м.

Берекська світа (P<sub>3</sub>br). Відклади мають більш обмежене розповсюдження. Складені верстуватими глинами, дрібнозернистими глинистими пісковиками лагуно-болотного генезису, залягаючими у депресіях еоценового рельєфу, слабко гумусовими піщано-глинистими утвореннями на підняттях, а також морськими кварцовими пісками. Потужність їх сягає 10м.

Неогенові відклади представлені двома відділами: нижнім (міоценовим) та верхнім (пліоценовим).

Міоценові відклади складені полтавськими слабко охристими пісками з лінзами каолінових глин і кварцитовидних пісковиків, збережених від розмиву на високих вододілах. Потужність відкладів міоцену дорівнює 15м.

								РМ.11.01.ПЗ	Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					.

Пліоценові відклади простягаються смугами паралельно долині р. Сіверський Донець, а також вдовж найкрупніших її приток. Складені вони кварцовими пісками, глинами та вапняками. Потужність їх від 7 до 50м.

Четвертинна система розподіляється на плейстоценові (нижній, середній, верхній підвідділи) та голоценові відклади.

Найбільше розповсюдження мають еолово-делювіальні, делювіальні, елювіально-делювіальні, а також алювіальні відклади, які розповсюджені на терасах та у заплавах річок у балках.

Нижній плейстоцен складений червоно-бурими еолово-делювіальними та делювіальними суглинками та добре перемитими пісками руслової фації, щільними пісними та жирними глинами заплавної фації. Потужність цих відкладів дорівнює 45м. Розповсюджені вони вздовж р. Сіверський Донець та його приток.

Середній плейстоцен виділений у річкових долинах басейну р.Сіверський Донець. Потужність його сягає 25м. Залягають нижче рівня поверхні заплави. Руслова фація представлена кварцовими середньозернистими пісками та суглинками. Заплавна та озерна фації складені супісками та легкими карбонатними суглинками. Лесовидні суглинки розвинуті на давніх пліоценових та четвертинних терасах, на пологих схилах річних долин та на вододілах. Потужність їх сягає 10м.

Відклади верхнього неоплейстоцену представлені русловою та заплавною фацією потужністю 4 – 25м. Руслова фація займає нижню частину розрізу, представлена кварцовими пісками. Заплавна складається з супіску, мулу, легких суглинків. Залягають вони на більш давніх терасах та на вододілах.

Південний схил Воронезької антеклізи характеризується моноклінальним заляганням порід з кутом падіння 1 – 5° нахилених до півдня, південного заходу. Вищеназвана монокліналь порушена більш пологими та широкими складками другого порядку, простягання яких фіксується з заходу на схід. У смузі між регіональними порушеннями – Краснорецьким скидом та

										Арку
										ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						.

РМ.11.01.ПЗ

Сєверодонецьким насувом вона ускладнена цілим рядом брахіантиклінальних газових структур.

### 3.2.2 Гідрогеологічні умови

Враховуючі геоструктурні особливості, а також гідрогеологічну специфіку окремих територій в межах Луганської області виділені два гідрогеологічні басейни (рис. 3.1):

- Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн, до якого відноситься північна і центральна частини області;
- Донецька гідрогеологічна складчаста область, до якої відноситься південна її частина.

Межа розподілу басейнів на території області проходить на південь від Сєверодонецького насуву. Умови формування ресурсів підземних вод, наявність водоносних горизонтів у межах виділених басейнів та умови їх використання в значній мірі відрізняються.

Територія Сєверодонецько-Рубіжанської агломерації знаходиться у межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну.

Нижче наводиться характеристика водоносних горизонтів та комплексів виділених у зоні активного водообміну:

1 – водоносний горизонт в алювіально-делювіальних відкладах верхнього неоплейстоцену-голоцену заплавок річок та надзаплавних терас (ad PIII-H);

2 – слабоводоносний горизонт в елювіальних, еолово-делювіальних відкладах нижнього-верхнього неоплейстоцену вододільних рівнин та їх схилів (e,vd P I-III).

3 – водоносний комплекс у пліоценових та алювіальних середньонеоплейстоценових відкладах (N2-aPII);

4 – водоносний горизонт у відкладах берекської, новопетрівської світ та у товщі строкатих глин верхнього олігоцену- міоцену (P<sub>3</sub>br-N<sub>1</sub>sg);

5 – водоносний горизонт у відкладах обухівської та межигірської світ верхнього еоцену та нижнього олігоцену (P<sub>2</sub>ob+P<sub>3</sub>mž);

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

6 – водоносний горизонт у відкладах канівської та бучацької серій нижнього-середнього еоцену (P<sub>2</sub>kn+bč);

7 – водоносний горизонт у зоні тріщинуватості мергельно-крейдової товщі туронського-маастріхтського ярусів верхньої крейди (K2t-m).

Водоносний горизонт в алювіально-делювіальних відкладах верхнього неоплейстоцену-голоцену заплав річок та надзаплавних терас (ad P<sub>III</sub>-H). Водовміщуючими породами є піски із галькою у основі, супіски, суглинки. Потужність їх сягає 25м. Водозбагаченість горизонту невелика. Дебіт джерел до 0,5л/с, свердловин – 0,5 – 1,5л/с при зниженні 2м. Коефіцієнти фільтрації від 1,8 до 25м/доб. Глибина залягання його у межах заплави й низьких терас 3 – 5м.

Водоносний горизонт безнапірний. У підшві водоносного горизонту немає витриманого водопідпору. Режим обумовлений режимом поверхневих вод, а також гідрогеологічними умовами верхньокрейдового горизонту. Напрямок руху потоку практично відповідає напрямку поверхневого стоку.

Найбільш низькі рівні води в алювії спостерігаються у межень, максимальні – у паводок. Живлення водоносного горизонту відбувається від атмосферних опадів, паводкових вод та розвантаження підземних вод верхньокрейдяних відкладів. Дренується гідрографічною сіткою.

Хімічний склад вод різноманітний та визначається якістю поверхневих вод. Мінералізація змінюється від 0,1 до 4г/дм<sup>3</sup>. У долині р. Сіверський Донець переважають прісні води (0,2 – 0,6г/дм<sup>3</sup>), на окремих ділянках у заплаві сягає 1 – 1,2г/дм<sup>3</sup>.

Води алювію лівих та правих притоків р. Сіверський Донець мають мінералізацію 0,6 – 3г/дм<sup>3</sup>. Близьке залягання його до поверхні сприяє забрудненню ґрунтових вод побутовими та промисловими стоками, що обмежує їх використання для питних цілей.

					РМ.11.01.ПЗ	Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

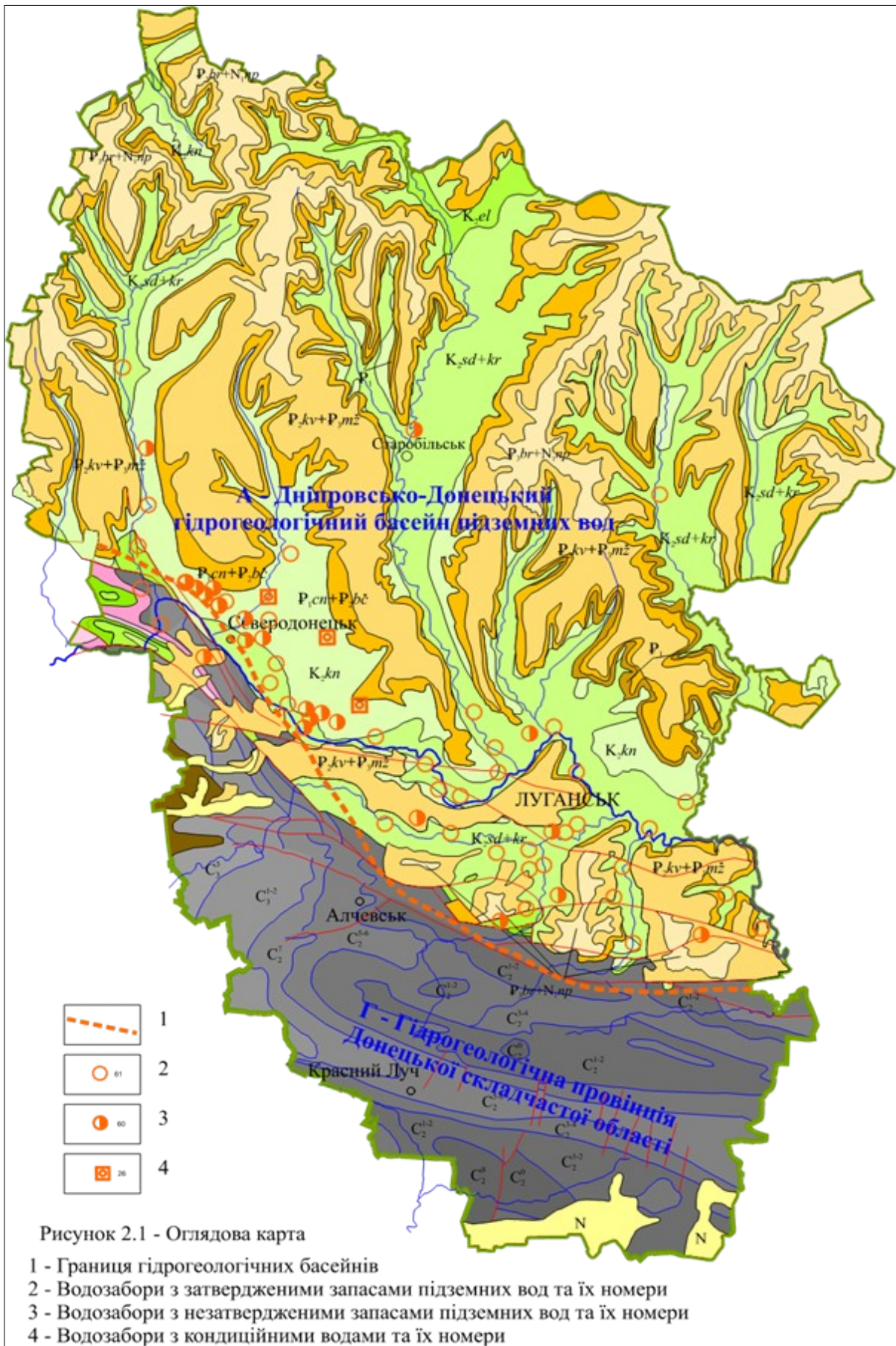


Рис. 3.1 – Оглядова гідрогеологічна карта

									Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

PM.11.01.ПЗ

Водоносний комплекс у пліоценових та алювіальних середньонеоплейстоценових відкладах (N2- аПІІ). Цей водоносний комплекс найбільш витриманий на лівобережжі р. Сіверський Донець. Водовміщуючими є дрібно- та середньозернисті піски. Потужність обводнених порід сягає 25м. Глибина залягання підземних вод 2 – 30м.

Водозбагаченість горизонту нерівномірна по площі. Дебіти свердловин дорівнюють 0,1 – 1,2л/с, джерел – до 0,9л/с. Коефіцієнти фільтрації водовміщуючих порід 0,0009 – 0,7м/доб. У зоні аерації в залежності від літологічного складу коефіцієнт фільтрації змінюється від 0,006 до 3,76м/доб, відбувається атмосферними опадами. Дренується у верхів'ях балок та ярів у вигляді джерел та мочарів.

За хімічним складом води різноманітні: сульфатні, гідрокарбонатно-натрієво-кальцієві та змішані. Мінералізація до 2,4г/дм<sup>3</sup>, загальна жорсткість 2,0 – 13,0ммоль/дм<sup>3</sup>. Використовується для місцевого водопостачання.

Водоносний комплекс у пліоценових та алювіальних середньонеоплейстоценових відкладах (N2- аПІІ).

Цей водоносний комплекс найбільш витриманий на лівобережжі р. Сіверський Донець. Водовміщуючими є дрібно- та середньозернисті піски. Потужність обводнених порід сягає 25м. Глибина залягання підземних вод 2 – 30м.

Водозбагаченість горизонту нерівномірна по площі. Дебіти свердловин дорівнюють 0,1 – 1,2л/с, джерел – до 0,9л/с. Коефіцієнти фільтрації водовміщуючих порід 0,0009 – 0,7м/доб. У зоні аерації в залежності від літологічного складу коефіцієнт фільтрації змінюється від 0,006 до 3,76м/доб, відбувається атмосферними опадами. Дренується у верхів'ях балок та ярів у вигляді джерел та мочарів.

За хімічним складом води різноманітні: сульфатні, гідрокарбонатно-натрієво-кальцієві та змішані. Мінералізація до 2,4г/дм<sup>3</sup>, загальна жорсткість 2,0 – 13,0ммоль/дм<sup>3</sup>. Використовується для місцевого водопостачання.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Водоносний горизонт у зоні тріщинуватості мергельно-крейдової товщі туронського-маастріхтського ярусів верхньої крейди (K2t-m).

До цього водоносного горизонту належить основна кількість спостережних точок. Режим його вивчається найбільш детально, у межах усіх геоморфологічних елементів. Водоносний горизонт має повсюдний розвиток на території Дніпропетровського та Донецько-Донського артезіанських басейнів. Водозбагаченість його нерівномірна, що пов'язано з різним ступенем тріщинуватості та закарстованості крейди та мергелю, а також характером взаємозв'язку з водоносними горизонтами, що залягають вище та нижче й орогідрографією.

Найбільш обводнена верхня частина розрізу представлена кампанською крейдою. Мергелі верхнього сантону сильно глинисті та являються водотривом.

Потужність тріщинуватої зони збільшується від вододілів до долин річок та крупних балок, повторює обриси рельєфу. Ступінь її тріщинуватості узгоджується зі збільшенням її потужності та спрямуванням руху підземного потоку.

У вертикальному розрізі тріщинувата зона також неоднорідна. Найбільший ступінь тріщинуватості вона має у середній частині. Глибина розвитку нижньої границі тріщинуватої зони у долинах річок досягає 60м. Вздовж річок, у смузі розвитку їх заплав й перших терас, верхня частина тріщинуватої зони місцями перекрита в'язким глинистим мергелем потужністю 1 – 9м з дуже низькими фільтраційними властивостями (зона замулювання).

Глибина залягання покрівлі водоносної зони залежить від потужності покривних утворень. У долинах річок глибина покрівлі від 10 до 25м. Величина напору тут сягає 30м. Границя практично безводних верхньокрейдових відкладів (з дебітом менше 0,05л/с) умовно проводиться вздовж виходу київських мергелей. У межах піщаних терас та сучасної заплави дебіт свердловин складає 7 – 150л/с, на схилах долин 1,5 – 14л/с. Коефіцієнти фільтрації змінюються від 5 до 240м/доб. Головне джерело живлення

									Арку ш	
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	РМ.11.01.ПЗ					.



водоносного горизонту – атмосферні опади та води алювіального водоносного горизонту. Долини річок та балок виступають як дрени.

Хімічний склад вод, мінералізація та жорсткість у значному ступені пов'язується з показниками водозбагаченості, умовами поповнення запасів та розвантаження.

Низька мінералізація підземних вод (0,2 – 1,0г/дм<sup>3</sup>) у долині р. Сіверський Донець, середній та нижній течії його приток. Тип вод гідрокарбонатно-кальцієвий та гідрокарбонатно-натрієвий. На вододілах мінералізація досягає 8,0 – 13,0г/дм<sup>3</sup>. За типом води сульфатні та хлоридні.

Водоносний горизонт верхньої крейди є головним джерелом водопостачання [16].

### 3.3 Методика проведення моніторингу підземних вод

Головним завданням моніторингу підземних вод є оцінка та прогноз гідродинамічного і гідрохімічного режиму підземних вод під впливом природних та штучних факторів. Режимні спостереження по територіальній мережі свердловин ведуться, згідно з чинними нормативними документами та методичними рекомендаціями, які діють на теперішній час.

Режимні спостереження – це вид робіт, який згідно з існуючою методикою виконується щорічно, тобто процес має постійний та безперервний характер.

Спостережні свердловини, які входять до територіальної (обласної) мережі, дають інформацію про зміни, що відбуваються в основному водоносному горизонті області, приуроченому до зони тріщинуватості мергельно-крейдової товщі туронського-маастріхтського ярусів верхньої крейди, а також в карбонатному водоносному комплексі, а також в алювію, який має тісний гідравлічний зв'язок з головним питним водоносним горизонтом.

При відборі проб води на хімічний аналіз з спостережних пунктів режимної мережі необхідно проводити послідовно усі операції: вимірювання

					РМ.11.01.ПЗ	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		ш

рівня підземних вод в свердловині (водопункті), глибини, температури води та відбір проб води.

Для рішення поставлених завдань було виконано комплекс польових, лабораторних та камеральних робіт.

Польові роботи включали:

1. Обстеження технічного стану спостережної мережі свердловин.
2. Ремонт свердловин спостережної режимної мережі.
3. Прокачування (желонування) спостережних свердловин.
4. Спостереження за рівневим режимом підземних вод по мережі спостережних свердловин.
5. Спостереження за змінами хімічного складу підземних вод по режимним свердловинам.
6. Обстеження площі впливу великих підприємств- забруднювачів.
7. Транспортування вантажів та персоналу.
8. Інші роботи.

Після проведення всього комплексу польових робіт були виконані лабораторні та камеральні роботи.

Основна мета робіт – оцінка ситуації, що склалася в питних водоносних горизонтах на території області, для прийняття своєчасно управлінських рішень.

Було проведено обстеження технічного стану спостереженої мережі по 80 свердловинах територіальної мережі.

Відповідно до прийнятої методики відбір проб води по свердловинах проводився в умовах меженного (найнижчої) стояння рівня підземних вод (літньо-осіння межень) та самих гірших умовах формування водоносного горизонту. Проби води в свердловинах відбиралися з середини водоносного горизонту.

Були відібрані проби води на скорочений хімічний аналіз, визначання вмісту важких металів на 12 елементів, вміст фенолів, нітро-аміносполук,

					РМ.11.01.ПЗ	Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

нафтопродуктів та формальдегідів в підземних водах. Проби води відбиралися з середини водоносного горизонту.

Перед відбором проб води, згідно методики, проводилось прокачування свердловин. Роботи виконувалися погрузним насосом свердловинним центробіжним «LITAF акгааа» з витягом 1,5-2,0 обсягів води, що знаходиться в свердловині. Даний об'єм води при прокачуванні спостережних свердловин перед відбором проб води є оптимальним. Метою даного виду робіт було пожвавлення водоносного горизонту і залучення в стовбур свердловини певного обсягу підземних вод, найбільш представницьким характеризує водоносний горизонт на момент його випробування.

Відбір проб води проводився пробовідбірником, розробленим Уральським інститутом інженерно-будівельних вишукувань.

Хімічні аналізи води виконувались лабораторіями, які володіють відповідною технічною базою та яка дозволяє виконувати якісні дослідження підземних вод. Даний вид робіт проводився з дотриманням всіх нормативних документів, існуючих методичних рекомендацій.

В районі м.м. Лисичанськ, Рубіжне та Северодонецьк, де розташовані найбільші підприємства-забруднювачі, було проведено відбірковий відбір проб води з спостережних відомчих свердловин, які розташовані в зоні їх впливу.

Всього було відібрано 347 проб води, з них на скорочений хіманаліз (СХА) –102 проби, мікроелементи (12 ел.) – 76 проб, феноли – 102 проби, нафтопродукти –33 проби, аміно-нітросполуки – 14 проб, формальдегіди – 20 проб.

Камеральні роботи полягали в аналізі та систематизації матеріалу, отриманого при проведенні польових робіт та роботи по провадженню автоматичної обробки режимної інформації [17].

					РМ.11.01.ПЗ	Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

### 3.4 Оцінка стану підземних вод за результатами моніторингу

Водопостачання Луганської області базується в основному на використанні підземних вод тріщинуватої зони мергельно-крейдової товщі верхньокрейдового віку. В долинах річок розташовані великі водозабори з затвердженими запасами, які використовуються для централізованого водопостачання населення, зокрема, Щедрищевський та інші водозабори - «Лісна Дача» (прісна група).

Зміна якості води на водозаборах відбувається за рахунок техногенних та природних причин.

Різні види господарської діяльності чинять специфічний вплив на підземні води і, як наслідок, викликають різні зміни в них.

На підземні води агломерації найбільший вплив чинить водовідбір із свердловин, які використовуються для господарчо-питних, технічних та виробничих потреб, зрошення, забудова територій, скид стічних вод та ін. Тому забруднення ставків, поверхневих та підземних джерел несе в собі загрозу існування живої природи і її вищої форми – людини.

К кількісним регіональним проявам техногенних змін підземних вод необхідно віднести зниження та підйом їх рівня, зменшення запасів підземних вод, зміни розподілу підземного стоку, умов взаємодії з поверхневими водами, зміни хімічного складу та температури води.

Рівневий режим підземних вод Луганської області знаходиться в прямій залежності від кліматичних умов року (кількість атмосферних опадів, температура повітря). Кількість опадів за 3 зимових місяці (листопад, грудень 2018 р., січень 2019 р.) – основного періоду формування запасів підземних вод складала 142-178 мм (забезпеченість зимовими опадами – 10,71 – 56,25 % - багатоводний та середній за водністю рік), що по трьох метеостанціях (Сватове, Нововопсков, Троїцьке) менше ніж в 2018 р. на 8-47 мм, по одній метеостанції (Біловодськ) – більше на 36 мм.

					РМ.11.01.ПЗ	Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Значний вплив на рівневий режим підземних вод урбанізованих територій чинять техногенні фактори: експлуатація підземних вод водозабірними спорудами, витіки з водопровідних та каналізаційних мереж, скид стічних вод великими підприємствами – водоспоживачами.

Води техногенного походження приймають активну участь в формуванні запасів підземних вод питних водоносних горизонтів, при чому в межах великих міст – водоспоживачів їх частка складає 30 – 40 %.

Інфільтраційні води техногенного характеру є додатковим чинником, викликаючим підтоплення територій, а також погіршення якості води на питних водозаборах.

В цілому рівні підземних вод алювіального, неогенового, неоген – палеогенового, палеогенового водоносних горизонтів та водоносний горизонт в зоні тріщинуватості мергельно-крейдової товщі туронського-маастріхтського ярусів верхньої крейди підземних вод, в переважній більшості, були нижчими, ніж в аналогічний період 2018 р. і за середньобагаторічні показники. Основним чинником, який сприяв загальному зниженню рівнів підземних вод, була недостатньо велика кількість зимових опадів в порівнянні з минулим роком.

В цілому в межах Рубіжано - Лисичанського промрайону продовжуються збергатися площі забруднення підземних вод алювіального і верхньокрейдного горизонтів солями, амонієм, нітратами, фенолами, хлоридами.

Найбільш великими джерелами забруднення, як і протягом минулих років є проммайданчики ТОВ «Рубіжанський Краситель», ПрАТ «Северодонецьке об'єднання «Азот», ТОВ «НВП «Зоря», ТОВ «НВО «Северодонецький Склопластик», ставки - накопичувачі відходів ТОВ «Лисичанська сода», ТОВ «Рубіжанський Краситель», буферні ставки і шламонакопичувачі ПрАТ «Северодонецьке об'єднання «Азот».

В районі впливу даних підприємств відзначені ділянки забруднення підземних вод різної площі - від локальних до 3,5-15,3 км<sup>2</sup>.

									Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

РМ.11.01.ПЗ

У районі розташування ТОВ «Рубіжанський Краситель» площі забруднення підземних вод верхньої крейди - головного питного водоносного горизонту, який використовується для водопостачання населення, вони складають:

- 1) фенольне – локальні ділянки (загальна площа - 0,45 км<sup>2</sup>)
- 2) амонійне – локальні ділянки (загальна площа - 0,45 км<sup>2</sup>).

В районі впливу ТОВ «НВП «Зоря» площі забруднення підземних вод верхньої крейди різними інгредієнтами становили:

- 1) сольове – локальні ділянки (загалом – 0,32 км<sup>2</sup> (в 2018 р. - локальне);
- 2) фенольное - локальне (в 2018 р. – локальне);
- 3) нітратне - відсутнє (в 2018 р. – локальне);
- 4) амонійного – 0,82 км<sup>2</sup> (в 2018 р. - 1,25 км<sup>2</sup>);
- 5) сполуками заліза – 1,9 км<sup>2</sup> (в 2018 р. – 3,5 км<sup>2</sup>);
- 6) аміно-нітропродуктами – відсутнє (в 2018 р. – відсутнє).

Проммайданчик ТОВ «НВП «Зоря», як і в попередні роки, є джерелом забруднення підземних вод верхньої крейди, утворюючи площі і осередки забруднення різними компонентами, які в часовому розрізі змінюються як в бік збільшення, так і зменшення. Забруднення підземних вод верхньої крейди фенолами носять, як і раніше, локальний характер.

Незважаючи на відсутність скидання стічних вод і зниження рівня заповнення, накопичувачі ТОВ «Лисичанська сода», як і раніше, залишаються джерелом забруднення підземних вод на даній території, про що свідчать площі та локальні осередки забруднення різними шкідливими інгредієнтами.

Розглянемо більш детально результати спостережень за станом підземних вод у зоні впливу ПрАТ «Севєродонецьке Об'єднання «Азот».

На проммайданчику ПрАТ «Севєродонецьке Об'єднання «Азот» та на площі його впливу, в зоні активного водообміну розвинуті три водоносних горизонти, які мають різну площу поширення. Спостереження проводились по відомчій мережі свердловин, а саме:

					РМ.11.01.ПЗ	Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

- техногенно-алювіальний водоносний горизонт на проммайданчику, має площу близько 2,2км<sup>2</sup> – спорадичного поширення. Пробурено 4 спостережних свердловини;

- алювіальний водоносний горизонт залягає на площі, яка прилягає до проммайданчика з півдня території підприємства. Спостереження проводяться по 14-ти свердловинах.

- підземні води тріщинно-карстової зони верхньої крейди. Було пробурено 21 спостережна свердловина.

Підземні води усього комплексу водоносних горизонтів, які вище написані, не захищені від проникнення забруднюючих речовин з поверхні землі на всій території проммайданчика та навколо нього.

Результати проведених вимірів рівнів наводяться у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Рівні води в спостережних свердловинах, розташованих в районі впливу ПрАТ «Сверодонецьке Об'єднання «Азот»

№ свердл.	Рівень води, абс. відмітка, м		Різниця	Примітка
	2019 р.	2013 р.		
Прилегла до промплощадки територія				
6к	13,35	12,98	-0,37	(+) підвищення рівня води в порівнянні з 2013 р., (-) зниження рівня
4к	6,77	6,28	-0,49	
7та	3,70	3,32	-0,38	
3к	7,0	7,37	+0,37	
29а	4,15	3,93	-0,22	
29к	3,24	2,86	-0,38	
32к	6,20	5,90	-0,30	
32а	6,23	5,70	-0,53	
51к	1,72	1,30	-0,42	
51а	2,32	1,15	-0,17	

Загальне зниження рівнів води пов'язано з несприятливими умовами формування запасів підземних вод, які склалися на даній площі в зимовий період 2019 року.

Площі забруднення підземних вод водоносного горизонту в зоні тріщинуватості мергельно-крейдової товщі туронського-маастріхтського ярусів верхньої крейди в районі впливу ПрАТ «Сверодонецьке об'єднання «Азот»

РМ.11.01.ПЗ					Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	

спостерігаються з 1976 р. - часу початку ведення спостережень на Рубіжано-Лисичанському дослідно-виробничому полігоні (ДВП) (табл. 3.4).

Вони утворилися в результаті експлуатації проммайданчиків, ставків накопичувачів ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання «Азот» та ТОВ «Лисичанська сода» і супутньої їй фільтрації високомінералізованих і забруднених стічних вод в підземні водоносні горизонти.

Таблиця 3.4 - Площі забруднення підземних вод різними інгредієнтами, що перевищують ГДК, в зоні впливу ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання «Азот», км<sup>2</sup>

Вид забруднення	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2019
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13
<b>Алювіальний водоносний горизонт</b>											
Сухий залишок	10,7	3,81	н/о	6,8	5,6	4,8	4,5	2,25	2,1	2,4	0,02
Амонійне	н/заф.	11,0	н/о	1,2	-	-	-	-	0,1	0,5	0,22
Фенольне	-	12,87	16,1	18,5	9,2	7,2	6,8	11,7	13,6	1,2	0,05
<b>Верхньокрейдвий водоносний горизонт</b>											
Сухий залишок	6,25	7,31	10,25	7,9	7,8	7,8	4,8	7,5	9,75	9,1	0,19
Амонійне	7,8	2,62	9,6	6,25	5,4	2,5	0,6	2,9	6,5	2,4	1,12
Фенольне	н/заф.	10,43	31,5	12,5	21,8	10,0	15,4	13,4	13,7 5	1,4	0,06
Нітратне	-	-	-	-	5,6	3,6	-	4,5	1,0	3,2	0,26
Хлоридне								3,7	5,9	3,0	0,71
<b>Загальна площа забруднення з ТОВ «Лисичанська сода»:</b>											
Солями								18,9	23,8	24,1	
Хлоридами								-	19,5	16,5	

Багаторічна інтенсивна експлуатація підземних вод верхньокрейдового горизонту водозаборами: Щедрищевським, Новосиротинським (наразі ліквідованим), «Лісова Дача», Борівським-І сприяла утворенню на описуваній території осередка забруднення підземних вод, так як депресійні воронки, що утворюються при роботі великих водозаборів підтягували забруднені води з боку підприємств - забруднювачів.

За період з 2001 по 2012 р.р. у водоносному горизонті четвертинного алювію постійно фіксувалися різні види забруднення підземних вод: сольове,

					<b>PM.11.01.ПЗ</b>						Арку ш	
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата								



амонійне, фенольне. В останні роки додалися забруднення підземних вод нітратами і сполуками заліза, які мають локальне поширення.

В 2018 р. «Схід ДРГП» провело дослідження підземних вод по 6-ти свердловинах відомчої мережі ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання «Азот», пробурених на верхньокрейдовий водоносний горизонт, Згідно даних досліджень в верхньокрейдовому горизонтів районі функціонування ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання «Азот» поширені підземні води з сухим залишком 0,4 – 2,5 г/дм<sup>3</sup>, загальною жорсткістю – 3,1 - 14,8 ммоль/дм<sup>3</sup>, мають підвищені показники вмісту хлоридів (300 - 1160 мг/дм<sup>3</sup>), заліза (0,58 мг/дм<sup>3</sup>), амонію (0,6 – 14,7 мг/ дм<sup>3</sup>) та нітритів (0,77 мг/дм<sup>3</sup>).

Загалом, на площі впливу вищевказаного підприємства на підземні води відзначаються такі види забруднень: сольове, азотними сполуками, сполуками заліза, фенольне, при чому подекуди перевищення гранично – допустимих концентрацій сягало десятків, а то і першої сотні разів (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 - Основні показники макрокомпонентів по свердловинах в районі впливу ПрАТ «Севєродонецьке Об'єднання «Азот»

№ св.	НСО <sub>3</sub>	Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	Твердість загальна ммоль/дм <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> мг/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> мг/дм <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> мг/дм <sup>3</sup>	Cl мг/дм <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> мг/дм <sup>3</sup>	pH
<b>ГДК згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10</b>									
	-	<b>1000</b>	<b>7,0</b>	<b>50</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>6,5-8,5</b>
6к	281	<b>1374</b>	<b>18,70</b>	<b>470</b>	0,17	0,187	64	224	7,7
4к	159	630	<b>8,4</b>	39	<b>2,8</b>	0,144	96	<b>1416</b>	8,05
7та	317	372	5,1	≤0,44	0,18	0,009	26	2,0	8,2
3к	366	680	<b>10,9</b>	≤0,44	0,17	0,426	96	123	7,95
29а	37	<b>2454</b>	<b>14,8</b>	≤0,44	<b>2,6</b>	0,425	<b>1160</b>	<b>366</b>	7,9
29 к	49	788	4,0	-/-	<b>22,2</b>	0,635	<b>336</b>	135	8,05
32 к	275	924	<b>10,6</b>	-/-	0,16	<b>18,95</b>	120	<b>305</b>	8,2
32а	320	932	<b>10,4</b>	-/-	0,16	0,12	152	<b>274</b>	7,9
51 к	79	790	5,9	-/-	<b>1,06</b>	0,007	<b>368</b>	90	7,55
51а	73	570	4,45	-/-	0,28	0,127	<b>300</b>	1,89	7,7

Забруднені різноманітними хімічними сполуками підземні води поширені

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>				Арку ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

як на проммайданчику підприємства, так і на прилеглій території – нижче від проммайданчика в бік р. Сіверський Донець та нижче від проммайданчика в бік р. Борова [17].

Наразі існує гостра необхідність в проведенні робіт з дослідження стану підземних вод на даній території для запобігання виведення з ладу основного джерела водопостачання м. Сєверодонецька – Щедрищевського водозабору.

					РМ.11.01.ПЗ	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		ш

## 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1 Мета експериментальних досліджень

Забруднення підземних вод відходами хімічних підприємств може привести до розвитку та активізації екзогенних геологічних процесів, зокрема, карстового процесу. небезпечність розвитку карстового процесу – процесу розчинення, вилуговування та виносу розчинних мінералів, який супроводжується утворенням специфічних підземних та поверхневих форм рельєфу, та активізація якого може спричинити просідання земної поверхні та утворення провалів, призводить не до необхідності проведення моніторингу цього процесу.

Одне з основних завдань моніторингу геологічних процесів є дослідження механізмів розчинення порід, що карстуються, та впливу на них природних і техногенних факторів. Серед видів техногенних впливів найбільш чутливим для динаміки карстового процесу є інфільтраційно-хімічний, пов'язаний з надходженням в підземні карстові горизонти промислових стічних вод.

Стічні води хімічних виробництв є складними багатокомпонентними розчинами, деякі з компонентів яких можуть підвищувати розчинність  $\text{CaCO}_3$ , а інші - навпаки, призводять до уповільнення карстового процесу. Надходження стічних вод, які за своїми властивостями і складом значно відрізняються від підземних, та змішування їх з підземними водами, ініціює протікання в карстових колекторах різноманітних фізико-хімічних процесів як в самій рідині, так і на межі рідини – мінеральний кістяк, які сприяють зростанню швидкості розчинення порід та активізації карстового процесу.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>			
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Ружина</i>				<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Мохонько</i>							
<i>Консультант</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Суворін</i>							
						<i>СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19дм</i>		

Метою є дослідження впливу промислових стічних вод, що утворюються на ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання АЗОТ» на кінетику розчинення крейди.

#### 4.2 Хімізм карстових процесів

Оскільки розвиток карсту пов'язаний головним чином з процесами вилугування гірських порід, велике значення в з'ясуванні його суті мають сучасні уявлення по теорії розчинів з області фізичної хімії.

Розчинності і швидкості розчинення карбонатних порід і гіпсу було присвячено серйозне дослідження Ф.Ф. Лаптева (1939). Важливим внеском в розробку теорії розчинів явилися дослідження О.Я. Самойлова (1957). Питання розчинювальної здатності водних розчинів докладно розібрані в монографії Д.С. Соколова (1962), він розглядає їх на основі сучасних уявлень про структуру кристалічних речовин, зокрема, мінералів, з яких складаються розчинні у воді гірські породи, а також про структуру води і рух трансляції частинок водних розчинів.

Приведена нижче таблиця 4.1, складена за різними джерелами, показує розчинність карбонату кальцію при нормальному атмосферному тиску.

Таблиця 4.1 - Розчинність карбонату кальцію при нормальному атмосферному тиску

Сіль	Температура °С	Розчинність, г/л	
		у дистильованій воді	у воді, що містить CO <sub>2</sub>
CaCO <sub>3</sub>	16	0,013	0,05—0,06*
	25	0,015	

\* Розчинність у воді, що знаходиться в рівновазі з повітрям; у природних водах, як правило, CO<sub>2</sub> міститься більше і розчинність вища.

Дані цієї таблиці показують, що карбонат кальцію, з якого складаються вапняк, мармур і крейда, у дистильованій воді практично не розчинні, так само

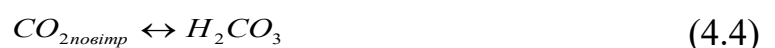
					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

як і доломіт. Розчинність вказаних карбонатів значно вища у воді, що містить вуглекислий газ, але проте вона набагато нижча, ніж розчинність сірчанокислого кальцію, з якого складаються гіпс і ангідрит, і тим більше хлористого натрію (кам'яна сіль). Навіть при температурі, значно нижчій, ніж вказана для інших солей, розчинність хлористого натрію на декілька порядків вища.

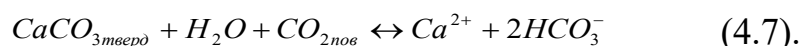
Карбонат кальцію зустрічається в природі у вигляді мінералів кальциту і арагоніту. Арагоніт небагато більш розчинний у воді, ніж кальцит (Попов, 1959), але різниця незначна. Наведені в таблиці дані про розчинність карбонату кальцію і бікарбонату кальцію і магнію (доламає), на жаль, важко співставляються, тому що для бікарбонату вказана розчинність у воді, що містить вчетверо більше вуглекислого газу, чим у разі карбонату кальцію. Питання про співвідношення розчинності кальциту і доломіту буде ще розглянуто.

#### 4.3 Кінетика розчинення карбонатних порід

Найбільш істотна відмінність карбонатного карсту від інших літологічних типів полягає в особливому ході розчинення карбонатних порід (Гвоздецкий, 1972). Карбонатні породи практично розчинні тільки у воді, що містить вільну вуглекислоту або ж інші мінеральні або органічні кислоти. Крім цього розчинність карбонатних порід може підвищуватися, якщо у воді містяться деякі солі, наприклад NaCl. Процес розчинення вапняку у воді, що містить вільну вуглекислоту, відбувається досить складно. Він є сукупністю різних хімічних перетворень, тісно зв'язаних між собою. Найбільш істотні з них наступні:



					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



Рівняння (4.1—4.6) відображають взаємодіючі між собою самостійні рівноваги, що встановлюються у водному розчині, який стикається з твердим вапняком. Підсумовуючи їх, отримуємо рівняння (4.7).

Рівняння (4.7) передає процес в узагальненому вигляді.

Для кількісного аналізу рівнянь можна користуватися загальноприйнятими в таких випадках математичними рівняннями, які зв'язують між собою концентрації кожного з компонентів, що беруть участь в даній рівновазі, за допомогою константи рівноваги (величини, постійної при певній температурі).

У загальному вигляді для будь-якої хімічної рівноваги



Константа рівноваги

$$K = \frac{[C]^p \cdot [D]^q}{[A]^m \cdot [B]^n} \quad (4.9)$$

де [A] [B] [C] [D] ... — молярні концентрації кожного компоненту;  $m$ ,  $n$ ,  $p$ ,  $q$  — стехіометричні коефіцієнти.

Знаючи константу рівноваги, можна розрахувати кількісний результат додавання будь-якого компоненту.

З аналізу рівняння 4.8 по відношенню до реакцій розчинення легко зрозуміти, що додавання в розчин солі, що має загальний іон з твердою фазою, знижує розчинність [18].

Значення розчинності карбонатних мінералів, опубліковані в літературі, численні, але суперечні. Одна з причин таких розбіжностей - відсутність достатньо високого ступеня точності подібних досліджень. Так, наприклад, серед значень розчинності найбільш задовільні дані отримані для мінералів, подібних повелліту,  $CaMoO_4$ . Для визначення ж різниці у величинах розчинності таких двох мінералів, як кальцит і арагоніт (вільні енергії

					<b>PM.11.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

утворення яких розрізняються всього на 0,2-0,5 ккал), потрібно виконати величезну роботу. Інша причина полягає в тому, що при використанні великого числа змінних, необхідних для визначення розчинності карбонатних мінералів, у дослідників з'являється тенденція порівнювати значення розчинності, отримані в умовах, що лише здаються однаковими, але насправді різних. Крім всього іншого, карбонатні мінерали мають надзвичайно непостійний склад. Перш ніж перейти до розгляду можливого впливу коливань складу цих мінералів на умови рівноваги, розглянемо розчинність гранично чистого кальциту як функцію інших змінних.

Отже, розглянемо п'ять випадків. Тут вибрані такі групи умов, які охоплюють значну частину можливих геологічних ситуацій, а велика частина інших може бути отримана шляхом комбінації і перестановки розглянутих. Для зручності наші обчислення відноситимуться тільки до кальциту, але аналогічні викладення можуть бути проведені і при визначенні розчинності будь-яких інших карбонатів. Ось ці п'ять характерних груп умов:

1. Реакції, що відбуваються при зануренні чистого карбонату в чисту воду з нікчемною участю газової фази.
2. Реакції кальциту в чистій воді, але в системі, відкритій відносно  $\text{CO}_2$  (наприклад, у контакті з атмосферою) з певним парціальним тиском  $\text{CO}_2$ .
3. Рівноважні співвідношення в системі з даною кількістю розчинених карбонатних компонентів і при довільно вибраному значенні рН, тобто коли рівноваги в системі контролюються іншими реакціями.
4. Рівновага в системі з довільним значенням рН, сполученою із зовнішнім резервуаром, що характеризується даним, парціальним тиском  $\text{CO}_2$ .
5. Рівновага, що виникає в результаті додавання  $\text{CaCO}_3$  до системи, спочатку відкритої відносно  $\text{CO}_2$ , але потім, перед додаванням  $\text{CaCO}_3$ , закритою.

Перший випадок може розглядатися стосовно визначення розчинності кальциту - це замкнута система  $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ . Оскільки така проста система

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

практично ніколи не зустрічається, вона мало цікава в геологічному відношенні.

Другий випадок представляє значний інтерес для геологів, оскільки відображає співвідношення, що існують в озерах, річках і інших природних розбавлених розчинах, які знаходяться в безпосередньому контакті з атмосферою і рН яких повністю контролюється рівновагами карбонатів.

Третій випадок зачіпає круг питань, пов'язаних з аналізами підземних вод. Подібні аналізи зазвичай дають загальну суму розчинених карбонатів ( $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{CO}_3$ ), концентрацію кальцію і рН. Але чи знаходиться такий розчин в рівновазі з кальцитом? І чи знаходиться він в рівновазі з атмосферою? І якщо відсутній аналіз на кальцій, але відомо, що система знаходиться в рівновазі з кальцитом, то чи можна розрахувати концентрацію іона кальцію?

Четвертий випадок також має велике значення для геології. Якщо відомо, що система знаходиться в рівновазі з  $\text{CO}_2$  при даному парціальному тиску і що вона характеризується даним значенням рН, якими б чинниками це значення не контролювалося, то яка активність іона кальцію в рівновазі з кальцитом? Що необхідно знати, щоб приблизно обчислити розчинність кальциту в такій системі?

П'ятий випадок можна проілюструвати на прикладі дощової води, яка знаходиться в рівновазі з атмосферою і, просочуючись в землю через нереакційноздатний ґрунт, приходить в зіткнення з кальцитом.

#### 4.4 Загальна схема вирішення питання про рівновагу карбонатів

Для всіх п'яти перерахованих випадків принципова схема рішення залишається однаковою. Тут бере участь найбільше сім змінних величин при постійній температурі і незмінному загальному тиску, причому передбачається, що коефіцієнти активності всіх компонентів відомі. До цих змінних відносяться  $P_{\text{CO}_2}$ ,  $a_{\text{H}_2\text{CO}_3}$ ,  $a_{\text{HCO}_3^-}$ ,  $a_{\text{CO}_3^{2-}}$ ,  $a_{\text{H}^+}$ ,  $a_{\text{OH}^-}$ ,  $a_{\text{Ca}^{2+}}$ . Для кожного випадку використовуються добуток розчинності  $\text{CaCO}_3$ , перша і друга константи дисоціації вугільної

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



кислоти і константа рівноваги для води, оскільки завжди ставиться умовою рівновага системи з  $\text{CaCO}_3$  і передбачається рівновага всіх іонів в розчині між собою. Отже, використано наступні п'ять рівнянь (числові значення констант рівноваги розраховані для  $25^\circ$ ):

$$\frac{[\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{CaCO}_{3\text{крисст}}]} = K_{\text{CaCO}_3} = 10^{-8,3} \quad (4.10)$$

$$\frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = K_{\text{H}_2\text{CO}_3} = 10^{-6,4} \quad (4.11)$$

$$\frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = K_{\text{HCO}_3^-} = 10^{-10,3} \quad (4.12)$$

$$\frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-14,0} \quad (4.13)$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{P_{\text{CO}_2\text{газ}}} = K_{\text{CO}_2} = 10^{-1,47} \quad (4.14)$$

У перерахованих вище рівняннях всі компоненти вважаються розчиненими у воді, за винятком двох, помічених відповідними підстрочними індексами  $\text{CaCO}_{3\text{крисст}}$  і  $\text{CO}_{2\text{газ}}$ . Точні значення констант рівноваги для температур від  $0$  до  $80^\circ$  приведені в табл. 4.1. Оскільки при рішенні рівнянь для наших п'яти випадків використовуються різні допущення, ступінь точності чисельних значень констант рівноваги для рівнянь (4.10 - 4.14) цілком достатня.

Рівняння (4.10 - 4.14) дають основу для розрахунків будь-яких умов в межах п'яти даних випадків. Необхідність додаткових рівнянь диктується спеціально вибраними умовами [18].

#### 4.5 Дослідження процесу розчинення крейди

Дослідження процесу взаємодії крейди, відібраної з крейдо-мергельної товщі, з природною водою верхньокрейдового горизонту (проба 1), очищеною стічною водою після ставків біохімічного очищення цеху НОПС (проба 2), та їх суміші у співвідношенні 1:1. (проба 3) проводилось в лабораторних умовах.

					<b>PM.11.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Пластини крейди, відібраної з крейдо-мергельного шару, поміщались в термостатовані стакани в які потім приливалися розчини об'ємом 0,05 дм<sup>3</sup>.

Через рівні проміжки часу (15 хв.) розчини перемішувались, відбиралася проба, в якій визначалась концентрацію Ca<sup>2+</sup>. За результатами вимірювання концентрації іонів Ca<sup>2+</sup> будувалися кінетичні криві розчинення крейди (рис. 4.1), по початкових ділянках яких розраховувалися приріст концентрації іонів Ca<sup>2+</sup> за одиницю часу  $\Delta C/\Delta \tau$  та питома швидкість розчинення  $U$  за формулою:

$$U = \frac{\Delta C \cdot V}{\Delta \tau \cdot S}, \quad (4.15)$$

де  $\frac{\Delta C}{\Delta \tau}$  – приріст концентрації іонів Ca<sup>2+</sup> за проміжок часу  $\tau$ ;

$S$  – площа поверхні розчинення, дм<sup>2</sup>;

$V$  – об'єм розчину, дм<sup>3</sup>.

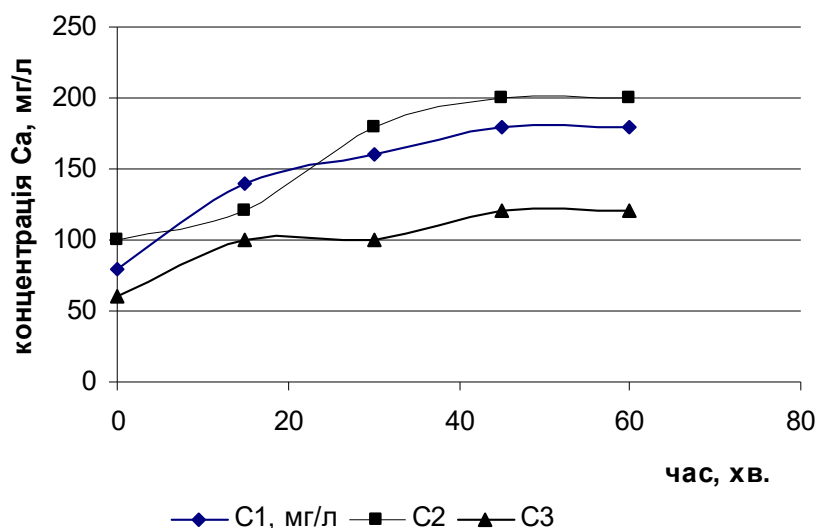


Рис. 4.1 – Кінетичні криві розчинення крейди

Результати досліджень показали, що питома швидкість розчинення крейди в очищених стічних водах цеху НОПС складає 0,002 г/дм<sup>2</sup>\*хв., що лише в два рази більше, ніж в природній воді, питома швидкість розчинення в якій складає 0,001 г/дм<sup>2</sup>\*хв. Але при надходженні цих стічних вод в підземні горизонти та змішуванні їх з підземними водами питома швидкість розчинення зростає на порядок і становить 0,012 г/дм<sup>2</sup>\*хв.

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Отримані дані підтверджують той факт, що надходження до підземних карстових горизонтів стічних вод, навіть очищених, призводить до ініціювання фізико-хімічних процесів як в самій рідині шару, так і на межі рідина – мінеральний кістяк, які сприяють зростанню швидкості розчинення порід та значно активізують карстовий процес.

#### 4.5 Методика визначення іонів кальцію

Метод заснований на попередньому осадженні магнію їдким натром з подальшим прямим визначенням кальцію трилоном "Б" у присутності індикатора хромтемносинього [19].

Необхідні реактиви:

1. 0,1 н. розчин трилона «Б»;
2. 2 н. розчин їдкого натру;
3. індикатор хром темносиній.

Визначення кальцію:

У конічну колбу на 250 мл відбирають 50-100 мл досліджуваної води і визначають лужність з індикатором метиловим-оранжевим. Якщо обсяг проби береться менше 100 мл, то необхідно довести його дистильованою водою до 100 мл, сюди ж додають 5 мл, 2 н. розчину їдкого натру і перемішують 1-2 хвилини. Потім додають 6-8 крапель індикатора хромтемносинього і титрують кальцій 0,1 н. розчином трилону "Б" до переходу рожево-червоного забарвлення розчину у синій.

Розрахунок:

Вміст кальцію розраховують за формулою:

$$Ca, \text{ мг*екв/л} = a*k*1000*0,1 / y$$

Або

$$Ca, \text{ мг/л} = a*k*1000*20 / y,$$

де а - витрата 0,1н. розчину трилона «Б», яке пішло на титрування кальцію в мл;

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$k$  – коефіцієнт нормальності 0,1н. трилона «Б»;

$y$  – об'єм води, взятої для аналізу, мл;

20 – еквівалентна вага кальцію.

### Висновки

Проведені експериментальні дослідження показали, що забруднення підземних вод стічними водами, які пройшли очистку в цеху НОПС, значно впливає на геологічне середовище та, зокрема, може привести до зростання швидкості розчинення карбонатних порід крейдо-мергельного карстового горизонту та активізації крейдо-мергельного карсту. Отримані дані свідчать про необхідність дослідження розвитку карстового процесу під час моніторингу підземних вод.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА

### 5.1 Структура та основні завдання системи моніторингу екзогенних геологічних процесів

Геодинамічні процеси за походженням поділяються на:

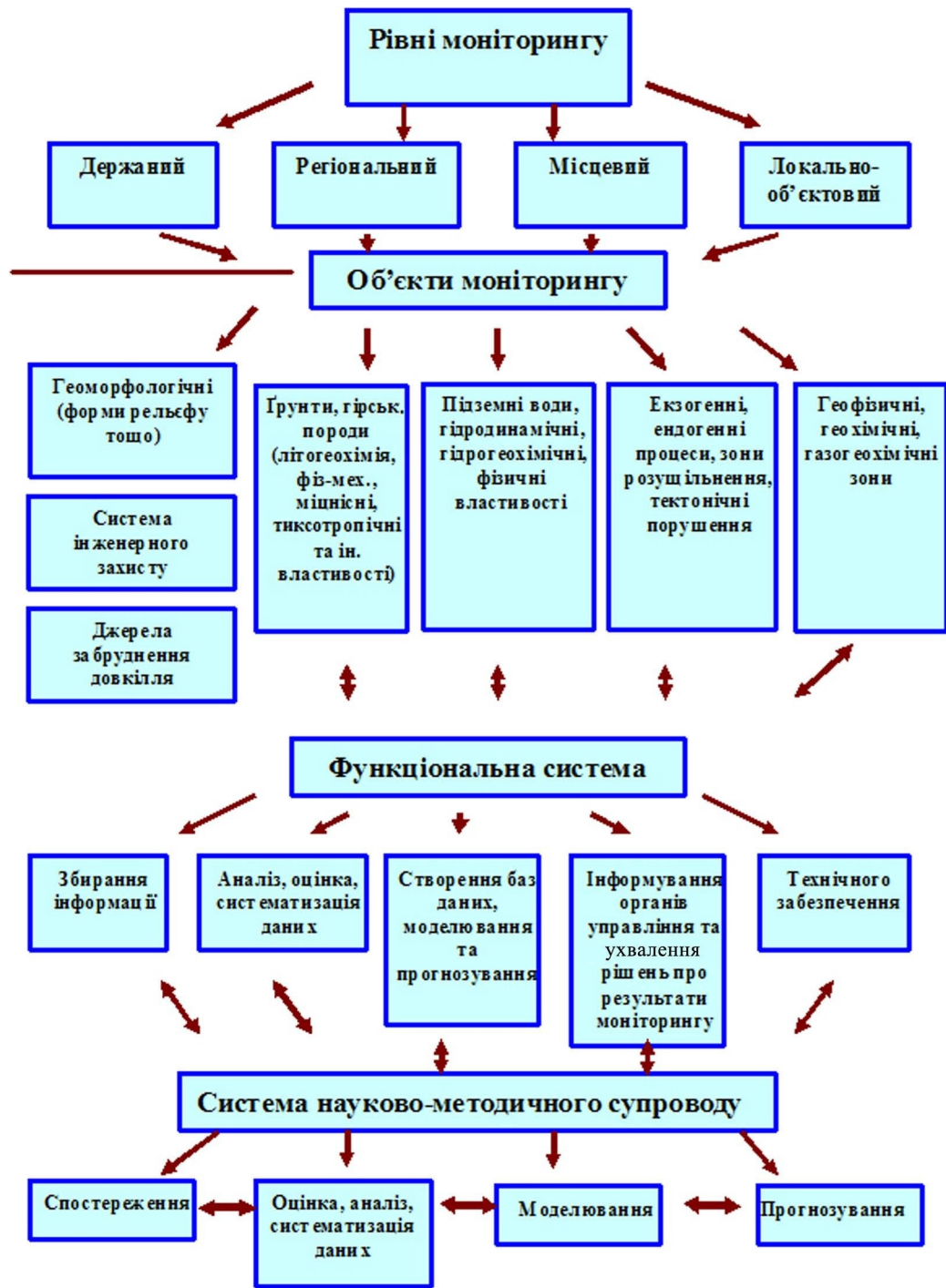
- власне геологічні процеси – такі, що відбуваються в природі незалежно від діяльності людини;
- інженерно-геологічні (антропогенні) процеси – такі, що виникають у результаті людської діяльності або пов'язані зі змінами природних умов під впливом цієї діяльності.

Згідно з чинними нормативно-методичними документами, основними завданнями моніторингу екзогенних геологічних процесів є:

- регіональна оцінка ураженості території, оцінка сучасної активізації екзогенних геологічних процесів, оцінка загрози впливу екзогенних геологічних процесів на населені пункти та об'єкти економіки;
- систематичні спостереження за екзогенних геологічних процесів, чинниками їх розвитку та тенденціями змін активності;
- аналіз змін інженерно-геологічних умов під впливом природних і техногенних чинників, особливо в районах розміщення важливих об'єктів економіки;
- прогнозування розвитку екзогенних геологічних процесів;
- надання органам державної влади достовірної інформації щодо ураженості території екзогенних геологічних процесів, існуючої та прогнозованої їх активізації, зокрема щодо катастрофічних проявів небезпечних процесів.

Структуру та основні завдання системи моніторингу екзогенних геологічних процесів наведено на рисунку 5.1.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>		
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Ружина</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Мохонько</i>						
<i>Консультан</i>					<i>ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА</i>		
<i>Н. Контр.</i>					<i>СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19дм</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Суворін</i>						



5.1 Структура та завдання системи моніторингу екзогенних геологічних процесів

Схема організації та ведення моніторингу екзогенних геологічних процесів (ЕГП) для всіх рівнів представлена на рис. 5.2.

**Схема організації та ведення моніторингу екзогенних геологічних процесів для всіх рівнів моніторингу**



Рис. 5.2 - Схема організації та ведення моніторингу ЕГП для всіх рівнів моніторингу

За прийнятою методикою основою моніторингу екзогенних геологічних процесів є спостережна мережа, що складається з ділянок трьох категорій, на яких спостереження виконують на різних рівнях та з різною детальністю й точністю.

Ділянки I категорії – це території з однаковим режимом швидкоплинних чинників. Періоди аномалій прояву цих чинників у межах ділянок і категорії відбуваються одночасно, звідси впливає, що й активізація екзогенних

геологічних процесів відбувається одночасно, можливо, навіть синхронно з режимом змінних основних чинників або із запізненням на певний час, термін якого визначається особливостями механізму процесу. Для спостережень за екзогенних геологічних процесів на цих ділянках застосовуються аеровізуальні спостереження, які завіряються візуальними маршрутними обстеженнями один раз на п'ять років. Основними показниками активності є кількість новоутворених та активізованих форм (зсувів, карстопроявів, ярів, число водотоків зі слідами проходження селів; довжина кліфу тощо).

У межах ділянок і категорії виділяють ділянки II категорії – це ділянки геологічного середовища, однорідні за геологічною будовою (в основному літологічною), вони є інженерно-геологічними районами або їх частинами та мають прояви екзогенних геологічних процесів. Це райони переважного поширення порід певних стратиграфо-генетичних комплексів. Для вивчення режиму екзогенних геологічних процесів у межах ділянок II категорії виконують візуальні наземні обстеження, великомасштабні геологічна й геодезична зйомки тощо. Частота спостережень відповідає кількості сезонів, небезпечних для прояву екзогенних геологічних процесів, та становить один – два рази на рік. Основними показниками активності є: кількість і площа новоутворених та активізованих зсувів, карстопроявів; кількість і сумарна довжина новоутворених ярів, кількість і сумарний приріст довжини ярів, що активізувалися; кількість і площа ділянок та об'єктів підтоплення; число селів, що пройшли. Під час вивчення зсувного процесу на окремих ділянках II категорії формується мережа створів для проведення періодичного нівелювання з метою спостереження за змінами морфопараметрів схилів та окремих зсувів.

Ділянки III категорії виділяють у межах ділянок I або II категорій як прояви процесів або окремі його форми.

Кількісними показниками активності екзогенних геологічних процесів є швидкість деформацій гірських порід, зміна їх маси та обсягів, площі і лінійних розмірів прояву екзогенних геологічних процесів, кількість новоутворених і

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



форм, що активізувалися, тощо.

Така система дає можливість:

- оцінювати еколого-геологічні умови на державному й регіональному рівнях за напрямками: спостереження за станом підземних вод, зміни гідрогеологічної обстановки як одного з важливих компонентів довкілля; розвиток та активізація сучасних екзогенних геологічних процесів.

- забезпечувати оперативну підготовку необхідної інформації та прогнозів різного призначення й рівня, а також розробку науково обґрунтованих рекомендацій для ухвалення рішень щодо запобігання негативним змінам гідрогеологічної обстановки та дотримання вимог екологічної безпеки

- Організовуючи дослідження геодинамічних процесів у певних регіонах, потрібно враховувати причиново-наслідкову залежність та зв'язки їх розвитку й активізації від чинників навколишнього середовища – кліматичних та ландшафтно-географічних умов, особливостей геологічної будови, гідрогеологічних умов, джерел техногенних впливів тощо. З огляду на це роботи з моніторингу геологічного середовища виконуються за спеціальними комплексними програмами в межах державних систем моніторингу НПС, які мають розроблятися з урахуванням регіональних природно-техногенних особливостей територій дослідження. У зонах впливу особливо небезпечних об'єктів (АЕС, хімічні підприємства, сховища токсичних відходів тощо), аварії на яких можуть спричинити значні матеріальні збитки і людські жертви, в межах системи моніторингу НПС мають створюватися геодинамічні полігони для спостережень за ендегенними, екзогенними й техногенними геодинамічними процесами.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

## 5.2 Рекомендації щодо вдосконалення та підвищення ефективності системи моніторингу екзогенних геологічних процесів

1. Варто вдосконалити нормативне й методичне забезпечення моніторингу екзогенних геологічних процесів відповідно до сучасних еколого-геологічних умов.

2. Для виявлення тенденцій змін і можливості виконання прогнозування необхідно виконати роботи з уточнення ураженості території основними екзогенними геологічними процесів. Ці роботи варто здійснити в масштабі 1:200 000 для порівняння нинішнього стану ураженості екзогенних геологічних процесів з ураженістю в 70–80-х роках ХХ ст. Такі дослідження дадуть можливість виявити ділянки з різною інтенсивністю розвитку ураженості.

Доцільно розробити комплекс заходів з розвитку та реконструкції державної й регіональної систем моніторингу з урахуванням техногенної активізації суфозійно-карстових процесів, осідання земної поверхні над виробленими та здренованими територіями, просідання та втрати несучої здатності на територіях підтоплення лесових гірських порід, передусім у зонах впливу зрошення, підпору водосховищами, додаткового живлення ґрунтових вод із ставків, сховищ рідких побутових і промислових відходів. Для цього насамперед необхідно виконати перерозподіл розміщення пунктів спостережень за ґрунтовими водами, збільшивши їх кількість на вододільних ділянках, де спостерігається інтенсифікація процесів підтоплення. Спостереження за небезпечними екзогенними геологічними процесів необхідно виконувати в місцях їх найбільшої щільності та складних еколого-геологічних умов.

3. У зв'язку з тим, що більшість пунктів II категорії за видами спостережень не відповідає означеному рівню, необхідно переглянути їх “статус” і збільшити кількість пунктів I категорії, що дасть змогу значно розширити площу контролю, хоча б завдяки маршрутним обстеженням.

4. Для достатнього вивчення й прогнозування розвитку екзогенних

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

геологічних процесів в інженерно-геологічних регіонах привести до відповідного співвідношення кількості пунктів за категоріями згідно з існуючими рекомендаціями [4–6, 8, 14], тобто на регіон, залежно від складності природних геолого-структурних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних, еколого-геологічних умов, має бути не менше двох пунктів I категорії, а в межах кожного з них – не менше двох пунктів II категорії за процесами (вони можуть бути комплексними, наприклад зсув-підтоплення, карстове провалля-зсув та ін.).

5. Для деталізації умов змін стану окремих складових ГС та особливостей активізації процесу в часі в межах пунктів II категорії обґрунтовуються пункти III категорії, кількість яких залежить від природних і техногенних чинників.

6. Види спостережень та їх частота мають відповідати рівню пункту. Для пунктів I категорії достатньо одного маршрутного обстеження на рік (аеровізуальні, візуальні піші та автомобільні комбіновані маршрутні обстеження). На пунктах II категорії використовують методи, які дають можливість отримати кількісні значення (результати вимірювань зміщень реперів, розвитку зони просідання, кількість форм та ін.), і частота вимірювань має збільшуватися до 2–4 разів на рік. На пунктах III категорії для зіставлення зі змінними кліматичними й техногенними чинниками, що необхідно для моделювання й прогнозування, виконують кількісні вимірювання показників стану геофізичних, геохімічних, гідрогеологічних, газово-геохімічних параметрів тощо, вимірювання має виконуватися не менше чотирьох разів на рік, а в разі вимірювань рівня ґрунтових вод – не менше 48 за рік, але найкраще неперервні вимірювання в автономному режимі [20, 21, 22].

7. Доцільно збільшити кількість пунктів спостережень у межах промислово-міських агломерацій, гірничопромислових районів, селищ міського типу за підтопленням, осіданням та просіданням земної поверхні, розвитком суфозійно-карстових процесів, змінами стану в разі зволоження лесових гірських порід та можливістю розвитку явищ тиксотропії (втрати несучої здатності цих порід) і глинами, що набухають, включити ці пункти до

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

регіональної спостережної мережі, оскільки такі території в Україні займають великі площі в межах інженерно-геологічних регіонів і мають фактично регіональний вплив на еколого-геологічні умови.

8. Важливим аспектом підвищення ефективності моніторингу екзогенних геологічних процесів є розширення спектра спостережень для одержання необхідної інформації щодо дії чинників порушення екологічних функцій літосфери. У межах найбільш небезпечних стосовно порушення еколого-геологічних умов та безпеки життєдіяльності територій доцільно виконувати спостереження не лише за змінами в часі й просторі стану геологічного середовища, а й одночасно за чинниками цих змін (видами господарської діяльності, які зумовлюють розвиток підтоплення, забруднення ґрунтів і порід зони аерації, підземних вод, та міграцією забрудників та ін.).

Відновити й удосконалити систему моніторингу екзогенних геологічних процесів передусім на тих територіях, де активізація екзогенних геологічних процесів призводить до катастрофічних наслідків, порушує нормальну роботу господарського комплексу держави та умови життєзабезпечення. Передкарпатський, Донецький та Криворізький гірничодобувні регіони, які мають найвищі техногенні навантаження, що підсилюють дію природних чинників. Для вказаних вище регіонів має бути розроблена схема спостережних пунктів (полігони, ділянки, окремі форми прояву екзогенних геологічних процесів).

Крім того, необхідно вжити заходи щодо зменшення водно-екологічних навантажень у зонах впливу водопровідних, локалізаційних мереж завдяки впровадженню водозберігаючих технологій і заміни аварійних трубопроводів та оптимізації структури масивів зрошувальних систем. Також потребують розроблення заходи щодо зменшення техногенного навантаження на геологічне середовище, передусім зі зменшення розвитку підтоплення способом відновлення дренажної здатності річок, водотоків, з відродження робочого стану дренажних систем, зменшення скиду неочищених вод у водотоки, водоймища, витрат вод при транспортуванні для всіх видів господарської

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

діяльності. Це загальнодержавні потреби, і вони мають виконуватися власниками всіх форм господарювання під контролем державних органів (Мінекоресурсів, Мінохорони здоров'я, МНС та ін.) [23].

Методологічне забезпечення моніторингу екзогенних геологічних процесів має здійснюватися на основі єдиної науково-методичної бази щодо вимірювання параметрів і визначення стану екзогенних геологічних процесів та джерел антропогенного впливу, упровадження уніфікованих методів аналізу й прогнозування змін і розвитку екзогенних геологічних процесів, комп'ютеризації процесів діяльності та інформаційної комунікації, загальних правил створення та ведення розподілених баз та банків даних і знань, картування і картографування інженерно-геологічної та еколого-геологічної інформації, стандартних технологій спостережень, обробки їх та аналізу з використанням географічних інформаційних систем (ГІС-технології).

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
<i>Змін.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Охорона праці

#### 6.1.1 Небезпечні і шкідливі чинники в лабораторії

При порушенні правил техніки безпеки в лабораторії можливі:

- електротравми;
- хімічні опіки;
- отруєння;
- термічні опіки.

Ураження електричним струмом в лабораторії можливе при дотику до частин устаткування, що знаходяться під напругою, через несправності або відсутність заземлення або занулення, при несправній, з порушеною ізоляцією електропроводці.

Хімічні опіки викликаються місцевою дією хімічно активних твердих, рідких або газоподібних речовин. Міра опіку залежить від концентрації речовини, його токсичності, тривалості дії, а також від чутливості шкіри. Найбільш сильні опіки викликають кислоти: азотна, сірчана, соляна та інші. Лужні опіки характеризуються глибиною пошкодження.

Більшість токсичних речовин здатна викликати отруєння (пари соляної і сірчаної кислот, закисне залізо). Розрізняють гострі і хронічні отруєння. Гострі отруєння виникають при раптовому потраплянні в організм значних кількостей хімічної речовини. Хронічне отруєння розвивається поступово в результаті тривалої дії малих кількостей токсичних речовин і характеризується стійкістю симптомів отруєння.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>				
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Ружина</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Мохонько</i>								
<i>Консультан</i>					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>  <i>СНУ ім. В. Даля, ПЕО- 19дм</i>				
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затверд.</i>	<i>Суворін</i>								

Термічні опіки можливі при роботі з газовими пальниками і електроплитками, дотику до електронагрівальних приладів, процесах, пов'язаних з нагріванням.

Всі використовувані і отримувані речовини є негорючими [24].

#### 6.1.2 Основні вимоги до персоналу лабораторії

Персонал лабораторії має виконувати вимоги наступних інструкцій:

1. Правила безпечної роботи в лабораторії.
2. Інструкція по заходах безпеки при роботі з реактивами.
3. Інструкція по зберіганню і вживанню сильнодіючих отруйних речовин.
4. Інструкція з пожежної безпеки.

#### 6.1.3 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

##### 6.1.3.1 Вентиляція

Хімічна лабораторія забезпечена природною вентиляцією. У тих випадках, коли синтез супроводжується виділенням шкідливої пари, газів, пилу, передбачена штучна вентиляція.

Природна вентиляція значно дешевше штучної, оскільки великі об'єми повітря подаються в приміщення і видаляються з них без вживання вентиляторів і воздуховодів. Вентиляція здійснюється через витяжні канали, шахти, кватирки і фрамуги будівель.

Недолік природної вентиляції полягає в тому, що припливне повітря вводить в приміщення без попереднього очищення і підігрівання, а те, що видаляється не очищується від викидів і забруднює зовнішнє повітря. Крім того, ефективність аерації може істотно падати унаслідок підвищення температури зовнішнього повітря, особливо в безвітряну погоду.

При використанні механічної вентиляції на відміну від природної є можливість задалегідь очищати, нагрівати або охолоджувати, зволожувати

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

припливне повітря, а також очищати забруднене повітря, що викидається в атмосферу. Крім того, повітря можна подавати по воздуховодам в будь-яку зону приміщення або видаляти його з місць інтенсивного утворення шкідливих газів.

До недоліків механічної вентиляції слід віднести необхідність звукоізоляції, значну вартість споруди і експлуатації, а також велику енергоємність.

Вибираємо комбіновану систему вентиляції механічну і природну.

Передбачається припливно-витяжна вентиляція лабораторних приміщень з механічним побудженням. Хімічна лабораторія обладнується витяжними шафами [25].

Кратність повітрообміну в хімічній лабораторії має бути не менше 5.

Об'єм лабораторного приміщення рівний 384 м<sup>3</sup>.

Площа лабораторного приміщення рівна 96 м<sup>2</sup>.

Об'єм повітря, що відсисається, від кожної витяжної шафи визначається по формулі:

$$W_{ш} = F \cdot U \cdot 3600, \quad (6.1)$$

де F - площа робочого отвору для витяжної шафи довжиною 1 м, дорівнює 0,4 м<sup>2</sup>;

U- швидкість руху всмоктуваного в отвір повітря. Для речовин другого класу небезпеки з ГДК від 0,1 до 1 мг/м<sup>3</sup> – 0,5-0,7, приймаємо 0,7.

$$W_{ш} = 2 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600 = 2016 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Продуктивність вентилятора для витяжної шафи визначається по формулі:

$$L = W_{ш} \cdot K, \quad (6.2)$$

де K- коефіцієнт підсосу повітря через нещільність (1,15).

$$L = 2016 \cdot 1,15 = 2318,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

Тип вентилятора вибираємо по [26]. Приймаємо відцентрований вентилятор типа В-Ц4-70 (1-го виконання). Продуктивність 2800 м<sup>3</sup>/год; номер

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



вентилятора 4,0; тиск 45 мм вод. ст.; частота обертання 1500 об/хв; тип електродвигуна 4А71 В4; потужність 0,75 кВт.

### 6.1.3.2 Опалення

У лабораторії передбачується система повітряного опалення від пунктів тепlopостачання. В якості опалювальних пристроїв використовують радіатори. Витрату кількості тепла, необхідну для підігріву припливного вентиляційного повітря в зимовий період часу, можна визначити за формулою:

$$Q = q \times F \times (1 + K), (Вт), \quad (6.3)$$

де:  $q$  – укрупнений показник максимальної витрати тепла на опалення 1 м<sup>2</sup> приміщення,  $q = 152 \text{ Вт/ м}^2$  ;

$F$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>,  $F = 96 \text{ м}^2$  ;

$K$  – коефіцієнт, що враховує витрати теплоти на опалення,  $K = 0,34$ .

$$Q = 152 \times 96 \times (1 + 0,34) = 19553,28 \text{ Вт}$$

Площа поверхні опалювальних пристроїв визначається за формулою:

$$H = Q / 506, \text{екм} , \quad (6.4)$$

де: екм – еквівалентний квадратний метр – це площа поверхні нагрівання опалювального пристрою, що віддає 506 Вт теплоти при різниці середньої температури теплоносія й температури повітря в приміщенні 64,5°C; 1екм = 0,82 м<sup>2</sup>

$$H = 19553,28 / 506 = 38,6 \text{екм} = 38,6 \text{ м}^2$$

По отриманим розрахункам здійснюємо підбір радіаторів. Отримуємо площу поверхні радіатору 38,6 м<sup>2</sup>. Обираємо радіатор марки М-90. Визначаємо необхідну кількість секцій радіатору  $38,6 / 0,2 = 193$  секції.

### 6.1.3.3 Освітлення приміщень

Лабораторія в денний час освітлюється природним світлом. Освітлення здійснюється під час потрапляння світла через віконні отвори. Джерелом штучного світла служать лампи розжарювання. Роботи, що проводяться в

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

лабораторних приміщеннях, відносяться до робіт високої точності (другий розряд) [25].

#### 6.1.3.4 Розрахунок природного освітлення

Природне освітлення здійснюється через світлові отвори в стінах будівель (бокове світло). Його розраховують з відношення площі світлових отворів до площі підлоги (світловий коефіцієнт). Для лабораторій світловий коефіцієнт приймається в межах 1:6-1:5 .

Необхідну площу світлових отворів визначаємо по формулі:

$$S_o = \frac{1}{6} S_n, \quad (6.4)$$

де  $S_n$ - площа підлоги, м<sup>2</sup> (96).

$$S_o = \frac{1}{6} \cdot 96 = 16 \text{ м}^2$$

Розмір світлового отвору 2х3 м.

Приймаємо 3 вікна (2х3).

#### 6.1.3.5 Розрахунок загального штучного освітлення

Число світильників, необхідне для освітлення лабораторії, визначаємо по формулі:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K \cdot Z}{F \cdot U}, \quad (6.5)$$

де  $E$ - мінімальна допустима освітленість робочих поверхонь визначена нормами, вказаними в[34, с.17] (150лк);

$S$  - освітлювана площа (96 м<sup>2</sup>);

$F$ - світловий потік однієї лампи по [26] (для ламп розжарювання, потужністю 200Вт і напругою в мережі 220В, світловий потік однієї лампи 2510 лм);

$K$ - коефіцієнт запасу, що приймається по нормах. При малому виділенні забруднень – 1,3;

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Z - поправочний коефіцієнт, залежний від конструкції світильника, по для світильника типа "Універсальний" приймаємо 0,82.

U- коефіцієнт використання освітлювальної установки, залежний від типа світильника, коефіцієнта віддзеркалення стель і стін, показника, який визначається по формулі:

$$i = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}, \quad (6.6)$$

де a і b - довжина і ширина приміщення, м;

h - висота підвіски світильника від рівня робочого місця, м (2,5м)

$$i = \frac{12 \cdot 8}{2,5 \cdot (12 + 8)} = 1,92$$

Приймаємо U по рівних 0,46.

$$n = \frac{150 \cdot 96 \cdot 1,3 \cdot 0,82}{2510 \cdot 0,46} = 15 \text{ шт}$$

Потужність електроосвітлювальної установки визначаємо по формулі:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 - 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (6.7)$$

де n- розрахункова кількість ламп для освітлення (15);

W- потужність однієї лампи, Вт (200);

nW(0.1-0.2) - додаткова потужність для ламп місцевого освітлення, Вт

$$n = \frac{15 \cdot 200 + 0,1 \cdot 15 \cdot 200}{1000} = 3,3 \text{ кВт}$$

Приймаємо розміщення світильників в 3 ряди по 5 штук в кожному.

#### 6.1.4 Заходи боротьби з шумом та вібрацією

На сам перед для боротьби з шумом та вібрацією слід усунути або зменшити їх в джерела утворення, а потім вже застосовувати заходи зменшення шуму на шляху його розповсюдження.

У виробництві використовують такі заходи боротьби з шумом та вібрацією як: жорстке кріплення віброуючих деталей та вузлів; усунення надлишкових зазорів в супряженнях машин та механізмів; використання

					<b>PM.11.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

амортизуючих та віброізолюючих пружних матеріалів; застосування динамічних віброгасників; балансування рухомих та обертових деталей і механізмів; заповнення потенційно резонуючих порожнин демпфуючими матеріалами; зміна ударного устаткування безударним. Для захисту працівників використовують спеціальний одяг та шумоізолюючі навушники. Для запобігання розповсюдження шуму та вібрації встановлюють звукоізолюючі вікна; стіни, стелю та підлогу обшивають звукоізолюючими матеріалами; роблять стіни з повітряними прошарками для зменшення шуму.

#### 6.1.5 Заходи захисту від статичної електрики

Джерела, електрики, які можуть мати місце в лабораторіях, а саме:

- поява електростатичних зарядів на платах і приладах мікроелектронної техніки в процесі їхнього взаємного переміщення при монтажі схем, ремонті й налаштування апаратури;

- виникнення електричного потенціалу на незаземленому устаткуванні за рахунок електричної індукції при сильних грозових розрядах і недостатнього грозозахисту;

- електризація рідини при наливі, зливі та перекачуванні з незаземлених резервуарів, цистерн та інших ємностей;

- електризація рідини при її фільтруванні, розбризкуванні;

- можливість електризації газу через присутність в ньому твердих або рідких домішок;

- статична електрика, що накопичується на людині при носінні одягу з синтетичних матеріалів і шовку.

До заходів захисту від статичної електрики відносять:

- запобігання накопиченню зарядів на металевому устаткуванні (досягається заземленням всіх металевих частин, на яких можуть з'являтися заряди);

- послаблення генерації зарядів на твердих тілах і в рідинах (за рахунок збільшення їх поверхневої провідності шляхом підвищення відносної вологості

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

повітря, хімічної обробки поверхні, зменшення швидкості переміщення заряджаючих матеріалів і т.д.);

- усунення вибухонебезпечної суміші горючих речовин з повітрям в місцях утворення і накопичення зарядів (за допомогою вентиляції або використання інертних газів);

- запобігання накопиченню зарядів на твердих і в рідких діелектриках (шляхом збільшення їх електропровідності за допомогою антистатичних присадок і т.п.);

- нейтралізація зарядів на поверхні твердих і рідких діелектриків в процесах їх виникнення або накопичення (шляхом іонізації навколишнього повітря або шляхом виконання поверхонь зіткнення з матеріалами з різними діелектричними проникненнями).

Для відведення статичної електрики, що накопичується на людині, передбачають:

- облаштування електропровідної підлоги або заземлених зон, підмостків і робочих майданчиків, заземлення ручок дверей, поручнів драбин або рукояток приладів, машин і апаратів;

- забезпечення працюючих струмопровідним взуттям;

- заборона носіння одягу з синтетичних матеріалів і шовку, а також обручок і металевих браслетів і інші.

#### 6.1.6 Заходи електробезпеки

Хімічна лабораторія по ступеню ураження електричним струмом відноситься до класу «без підвищеної небезпеки».

Можливі причини ураження електричним струмом:

1. випадковий дотик до токоведучих частин, що знаходяться під напругою в результаті:

- помилкових дій при проведенні робіт;

- несправності захисних засобів;

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

2. появи напруги на металевих конструктивних частинах електроустаткування в результаті:

- пошкодження ізоляції токоведучих частин;
- замикання фази мережі на землю
- падіння дроту (що знаходиться під напругою) на конструктивні частини електроустаткування.

3. поява напруги на відключених токоведучих частинах в результаті:

- помилкового включення відключеної установки;
- замикання між відключеними і такими, що знаходяться під напругою токоведучими частинами.

У лабораторіях для захисту людей від ураження електричним струмом застосовується ізоляція дротів, захисні заземлення, захисні засоби [41].

Розрахунок заземлюючого контура проводиться виходячи з умови, що загальний опір заземлюючого пристрою

$$R_{ззз} = \frac{R_з \cdot R_n}{R_n \cdot n \cdot Z_з + R_з \cdot Z_n} \leq 4 \text{ Ом}, \quad (6.8)$$

де  $R_з$ - опір заземлювача, Ом;

$R_n$  - опір смуги, що сполучає заземлювачі, Ом;

$n$  - кількість заземлювачів;

$Z_з, Z_n$ - коефіцієнти екранування відповідно заземлювача і сполучаючої смуги ( $Z_з=0,9$ ;  $Z_n=0,5$ ).

Опір заземлювача визначаємо по формулі:

$$R_з = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (6.9)$$

де  $\rho$  - питомий опір ґрунту (для чорнозему 10 Ом • м);

$l$  - довжина заземлювача (для стержнів приймаємо 5м);

$t$  - відстань від середини забитого в ґрунт заземлювача до рівня землі (необхідно враховувати, що відстань від верхнього кінця заземлювача до поверхні землі має бути не менше 0,5), м.

$$t = l/2 + 0,5 = 5/2 + 0,5 = 3 \text{ м}$$

$d$ - діаметр заземлювача, м (для стержнів 0,02).

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_z = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left( \ln \frac{2 \cdot 5}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} \right) = 2,12 \text{ Ом}$$

Опір смуги, що сполучає заземлювачі, визначаємо по формулі:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \ln \frac{2L^2}{b \cdot t_1}, \quad (6.10)$$

де L- довжина смуги, що сполучає заземлювачі (при контурному заземленні вона приблизно дорівнює периметру виробничої будівлі), м (40м);

b - ширина смуги, м (при прокладці усередині будівлі 0,03м);

t<sub>1</sub>- глибина заземлення від рівня землі, м (0,5м).

$$R_n = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 40} \ln \frac{40 \cdot 40}{0,03 \cdot 0,5} = 0,49 \text{ Ом}$$

Необхідне число заземлювачів:

$$n = \frac{2R_z}{4Z_3}, \quad (6.11)$$

де 4- допустимий опір;

2 - коефіцієнт сезонності.

$$n = \frac{2 \cdot 2,12}{4 \cdot 0,9} = 2$$

$$R_{ззз} = \frac{2,12 \cdot 0,49}{0,49 \cdot 2 \cdot 0,9 + 2,12 \cdot 0,5} = 0,53 \leq 4 \text{ Ом.}$$

### 6.1.7 Пожежна безпека

В цілях пожежної безпеки в лабораторії передбачені засоби пожежегасінні (пожежні рукави, крани, вогнегасники) і сповіщувачі.

Способи гасіння пожеж:

#### 1. Фізичний спосіб:

- охолодження (зрошування горючих речовин, перемішування шарів горючих рідин, евакуація речовин і матеріалів).

- розбавлення (об'ємне розбавлення окислювача інертними газами, парами води).

- ізоляція (відрив полум'я повітряною ударною хвилею, ізоляція поверхні горючих речовин шаром води, піни, евакуація горючих речовин).

#### 2. Хімічний спосіб:

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

- флегматизація (об'ємне розбавлення горючої пилегазо- і паро-повітряної системи флегматезуючими речовинами, зрошування поверхні горючих матеріалів флегматизуючими речовинами) [42].

Причиною пожежі в хімічній лабораторії може стати порушення правил безпечної роботи з використовуваними реактивами.

Джерелом загоряння можуть бути: відкритий вогонь (пальники, сірники), електронагрівальні прилади, електропроводи при коротких замиканнях.

Джерелом пожежі може стати концентрована сірчана кислота, унаслідок її високої окислювальної здатності.

У лабораторії можуть легко спалахувати і бути джерелом пожежі папір, дерев'яні меблі [42].

Пожежа попереджається:

- дотриманням всіх норм і правил безпечного ведення робіт.
- дотриманням інструкцій по техніці безпеки.

Первинні прості засоби гасіння вогнищ загоряння – ручні вогнегасники – порошкові ОП-10, ящики з піском, щити з інвентарем, шерстяні або азбестові ковдри і ін.

## 6.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях

### 6.2.1 Організаційна структура ЦО

Організаційна структура ЦО визначається характером використовуваної сировини, технологічним процесом, виглядом, чисельністю населення. На виробництві, відповідно до нормативних вимог, для забезпечення заходів щодо ЦО створений штаб і служби ЦО, що організують і проводять роботи, відповідно до інструкцій.

Відповідно до закону "Про цивільну оборону" на хімічних підприємствах для виконання спеціальних заходів щодо цивільної оборони рішенням начальника ЦО створюються служби і спеціалізовані формування

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



(цивільні організації) цивільної оборони. Організаційна структура ЦО приведена на рисунку 6.2.

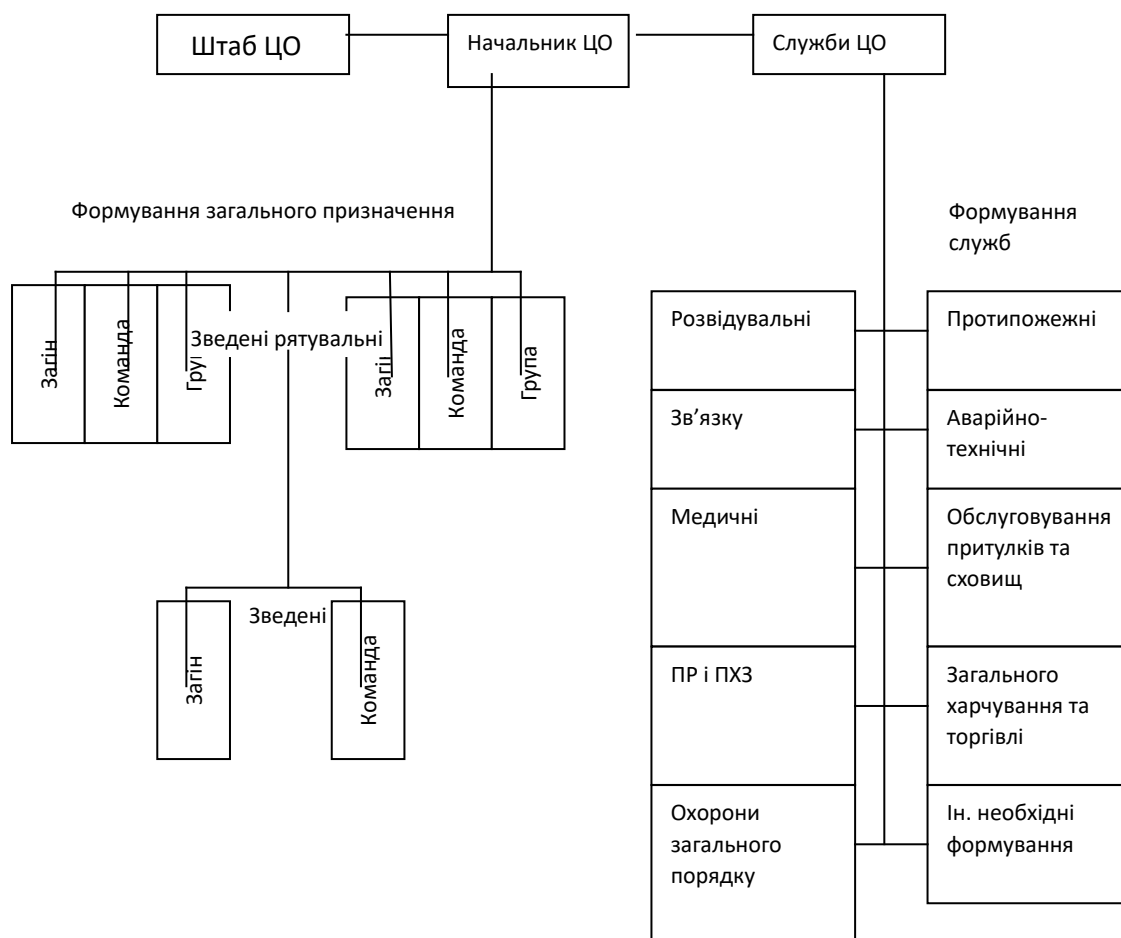


Рисунок 6.2 - Організаційна структура ЦО промислового об'єкту.

Спеціальні заходи ЦО включають: розвідку всіх видів, забезпечення зв'язку, сповіщення, забезпечення індивідуальними і колективними засобами захисту людей, надання медичної допомоги, локалізацію і гасіння пожеж, охорону громадського порядку, санітарну обробку людей, локалізацію і ліквідацію вогнищ хімічного зараження, дегазування, дезінфекцію місцевості, устаткування і т.д.

Повну відповідальність за організацію і стан ЦО, за постійну готовність її сил і засобів до проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновних робіт несе начальник ЦО об'єкту – керівник підприємства. Начальник ЦО об'єкту підкоряється відповідним посадовцям

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

міністерства (відомства), до якого відноситься об'єкт, а також начальнику ЦО міста по місту розташування об'єкту. При начальнику ЦО об'єкту створюється штаб ЦО – орган управління начальника цивільної оборони. Штаб ЦО здійснює заходи щодо захисту робочих, службовців і населення підвладних робочих селищ від надзвичайних ситуацій і забезпечує своєчасне сповіщення їх про загрозу.

Служба сповіщення і зв'язку зазвичай створюється на базі вузла зв'язку об'єкту. На службу покладається: організація своєчасного сповіщення керівного складу, робочі, службовці і населення міста про загрозу.

### 6.2.2 Основні техногенні небезпеки в лабораторії

До ЧС в лабораторії можна віднести пожежу.

Пожежа – це неконтрольоване горіння, що призводить до матеріального збитку і створює небезпеку для життя людей.

На виникнення і поширення пожеж впливають головним чином наступні чинники:

- вогнестійкість будівлі;
- пожежна небезпека робіт, що проводяться в хімічній лабораторії.

Вогнестійкість будівлі визначається займистістю його елементів і межами вогнестійкості основних конструкцій. Всі будівельні матеріали по займистості діляться на: що згорають, важкогорючі і такі, що не згорають.

Розрізняють п'ять ступенів вогнестійкості будівель: I, II, III, IV, V.

Будівля, в якій розташована лабораторія відноситься до другого ступеню вогнестійкості, тобто це будівля, в якій всі основні конструкції виконані з матеріалів, що не згорають.

Пожежна небезпека робіт, що проводяться в хімічній лабораторії визначається типом робіт, що проводяться, використовуваними приладами і реактивами.

Так, джерелом пожежі в лабораторії може стати концентрована сірчана

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

кислота, унаслідок її високої окислювальної здатності; так само джерелом загоряння можуть бути: відкритий вогонь (пальники, сірники), електронагрівальні прилади.

До заходів попередження пожежі потрібно віднести: дотримання всіх норм і прищепив безпечного ведення робіт і дотримання інструкцій по техніці безпеки.

### 6.2.3 Розрахунок основних небезпек природоохоронного об'єкту

#### 6.2.3.1 Прогнозування наслідків виливу небезпечних хімічних речовин при аваріях на природоохоронному об'єкті

Хімічне зараження місцевості та приземного повітря може виникнути при промислових аваріях, катастрофах, пожежах, стихійних лихах - за рахунок руйнування технологічних складів, трубопроводів, ємностей, технологічних ліній. У результаті великі кількості сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) можуть потрапити в навколишнє середовище, атмосферу, ґрунт, різноманітні об'єкти, що може спричинити масові отруєння.

На станції водопідготовки до масових отруєнь може привести розгерметизація ємностей, що містять хлор.

Максимальна кількість хлору, що зберігається на проєктованому виробництві – 5,5 т. Найгірша ситуація виникне при суцільній хмарності, швидкості вітру 2 м/сек, температурі +20 °С та необвалованій ємності. Перші будинки житлового району знаходиться на відстані 3 км від об'єкту. Визначимо глибину та площу зони зараження при розгерметизації ємності та час підходу забрудненого повітря до житлового району.

Знаходимо ступінь вертикальної стійкості атмосфери - в день при суцільній хмарності та швидкості вітру 2 м/сек ступінь вертикальної стійкості буде ізотермія.

Визначаємо еквівалентну кількість хлору у первинній хмарі за формулою:

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0, \quad (6.12)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, який залежить від умов зберігання СДОР, для стиснених газів  $K_1 = 0,18$ ;

$K_3$  – коефіцієнт дорівнює відношенню порогу токсичної дози хлору до порогу токсичної дози іншої СДОР ;

$K_5$  – коефіцієнт стійкості повітря і має значення: для інверсії – 1; для конвекції – 0,08; для ізотермії – 0,23;

$K_7$  – коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря, для стиснених газів  $K_7 = 1$ ;

$Q_0$  – кількість викинутої при аварії СДОР, т.

$$Q_1 = 0,18 \cdot 1,0 \cdot 0,23 \cdot 1,5,5 = 0,227 \text{ т}$$

Визначаємо час випаровування хлору за формулою:

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_2 \cdot K_7}, \quad (6.13)$$

$$T = \frac{0,05 \cdot 1,095}{0,052 \cdot 1,33 \cdot 0,5} = 1,58200$$

Визначаємо еквівалентну кількість хлору у вторинній хмарі за формулою:

$$Q = (1 - K_1) \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_2 \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}, \quad (6.14)$$

$$Q = (1 - 0,18) \cdot 1 \cdot 1,33 \cdot 0,23 \cdot 1,44 \cdot 1 \cdot 0,052 \cdot 5,5 / 1,553 \cdot 0,5 = 0,132 \text{ т}$$

$$K_6 = T^{0,8}, \quad (6.15)$$

$$K_6 = 1,58^{0,8} = 1,44,$$

За допомогою інтерполяції знаходимо глибину зараження первинною хмарою при швидкості вітру 2 м/сек.

$$\Gamma_1 = 1,75 \text{ км (за інтерполяцією) (при 0,1т – 0,84км, при 0,5т – 1,92км)}$$

Аналогічно знаходимо глибину зараження вторинною хмарою.

$$\Gamma_2 = 4,54 \text{ км. (при 1т- 2,84км, при 3т – 5,35км)}$$

Знаходимо повну глибину зони зараження за формулою:

$$\Gamma = \Gamma_1 + 0,5 \cdot \Gamma_2, \quad (6.16)$$

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$$\Gamma = 1,75 + 0,5 \cdot 4,54 = 4,02$$

Визначаємо площу зони можливого зараження за формулою:

$$S = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, \quad (6.17)$$

$$S = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 4,02^2 \cdot 90 = 12,68, \text{ км}^2$$

Визначаємо площу фактичного зараження за формулою при повному випаровуванні:

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot t^{0,2}, \quad (6.18)$$

$$S_{\phi} = 0,133 \cdot 4,02^2 \cdot 1,58^{0,2} = 2,355 \text{ км}^2$$

Визначаємо час підходу зараженого повітря від об'єкта до житлового району формулою:

$$t = X/V, \quad (6.19)$$

$$t = 3/12 = 0,25 \text{ год (15 хвилин)}$$

Таким чином площа хімічного зараження складе 3,39 км<sup>2</sup>. У зоні зараження опиняться територія станції водоочищення, промислова зона, частково житловий район. Заражене повітря підійде до житлового району через 15 хвилин. Час повного випаровування – 1,58 год. У зоні зараження опиняться до 2 тис. осіб (робітники підприємства та населення).

#### 6.2.3.2 Оцінка дії вибухових зон

Хлор не горючий, але при контакті із скипідаром, ефіром, воднем, пилом металів і трихлористим азотом може вибухати.

Вибухонебезпечна концентрація в суміші з воднем знаходиться в межах 95.5 – 110.5 г/м<sup>3</sup> згідно нормативної документації в рідкому хлорі допускається вміст трихлористого азоту (NCl<sub>3</sub>) до 0.005%. Трихлористий азот – масляниста яскраво-жовта рідина з різким запахом. NCl<sub>3</sub> – вибухова речовина, що осідає при випарі рідкого хлору в трубопроводах, випарнику, проміжному балоні. Вибух відбувається при нагріванні, струсі, ударі, освітленні прямими сонячними променями. При максимальній кількості хлору, що зберігається на проєктованому виробництві Q=5,5 т, та відстані 350 м.

									Арку
									ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					.

PM.11.01.ПЗ

Визначаємо радіус зони детонаційної хвилі (зони I) за формулою:

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (6.20)$$

де Q – кількість, т.

Отже,

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{5,5} = 17,5 \cdot 1,76 = 30,8 \text{ (м)}.$$

Обчислюємо радіус зони дії продуктів вибуху за формулою:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1, \quad (6.21)$$

$$r_2 = 1,7 \cdot 30,8 = 52,36 \text{ м}$$

Якщо порівняти відстань від центра вибуху до цеху (350 м) із знайденими радіусами зони I (30,8 м) і зони II (52,36 м), то можна зробити висновок, що цех знаходиться за межами цих зон, тобто в зоні повітряної ударної хвилі (зоні III). Тепер знаходимо надлишковий тиск на відстані 350 м.

По-перше, визначаємо відносну величину  $\psi$ :

$$\psi = 0,24 \cdot r_3 / r_2, \quad (6.22)$$

$$\psi = 0,24 \cdot 350 / 52,36 = 1,60$$

Тому що  $\psi < 2$ , то

$$\Delta P_3 = \frac{700}{3 \cdot (\sqrt{1 + 29,8\psi^3} - 1)}, \quad (6.23)$$

$$\Delta P_3 = 21,11 \text{ кПа}$$

У даному випадку ступінь руйнування середній. Середні руйнування — це руйнування переважно другорядних елементів будівель і споруд (покрівлі, вікон, дверей і перегородок), виникнення тріщин у стінах. Підвальні приміщення зберігаються, перекриття залишаються. Люди уражаються частіше уламками конструкцій. Збитки становлять 10—30 % вартості основних виробничих фондів (балансової вартості будівель). При середньому ремонті відновлюються техніка, транспорт та промислове обладнання. Будівлям необхідний капітальний ремонт.

Визначаємо інтенсивність теплового потоку на відстані 350 м.

$$T = 1 - 0,058 \cdot I_n \cdot R_3, \quad (6.24)$$

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$$T = 1 - 0.058 \cdot 0.015 \cdot 350 = 0.6955$$

$$F = \frac{R_2^2 \cdot R_3}{\sqrt{(R_2^2 + R_3^2)^3}}, \quad (6.25)$$

$$F = \frac{52.36^2 \cdot 350}{\sqrt{(52.36^2 + 350^2)^3}} = 0.217$$

1. Обчислимо тривалість існування вогняної кулі:

$$t_{\text{св}} = 4,5 \sqrt[3]{VQ}, \quad (6.26)$$

$$t_{\text{св}} = 4.5 \sqrt[3]{5,5} = 7.92 \text{ с}$$

2. Визначимо значення теплового імпульсу на відстані 880м:

$$U_t = I \cdot t_{\text{св}}, \quad (6.27)$$

$$U_t = 43,07 \cdot 7,92 = 341,114 \text{ кДж} / \text{м}^2$$

3. Визначимо вражаючу дію вибуху.

У даному випадку ступінь руйнування середній - можливе число загиблих людей.

$$N = 3 \cdot P \cdot Q^{0.666}, \quad (6.28)$$

$N = 3 \cdot 1.8 \cdot 5,5^{0.666} = 16$  осіб - люди в масивних промислових будинках отримають опіки середнього ступеню.

6.2.4 Засоби та заходи щодо забезпечення підвищення стійкості об'єкту у надзвичайних ситуаціях

Під стійкістю роботи об'єкта розуміють його здатність в умовах надзвичайної ситуації випускати продукцію в запланованому об'ємі й номенклатурі, а при одержанні середніх руйнувань або порушенні зв'язків по кооперації й поставкам відновляти виробництво в мінімальний термін.

Під стійкістю роботи об'єктів, які не створюють матеріальні цінності, розуміють їхню здатність виконувати свої функції в умовах надзвичайних ситуацій.

На стійкість роботи об'єкта в умовах надзвичайної ситуації впливають наступні фактори:

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

- надійність захисту робітників та службовців;
- здатність інженерно - технічного комплексу об'єкта протистояти деякою мірою вражаючим факторам аварій, катастроф, стихійних лих і сучасних видів зброї;
- захищеність об'єкта від вторинних вражаючих факторів;
- надійність системи забезпечення об'єкта всім необхідним для виробництва;
- безперервність керування виробництвом і цивільною обороною;
- підготовленість об'єкта до ведення рятувальних й інших невідкладних робіт і робіт щодо порушеного виробництва.

Захист робочих і службовців досягається чотирма основними способами:

- укриття людей у захисних спорудженнях;
- проведення евакуаційних заходів;
- медичний і біологічний захист.

Надійно захистити виробничий персонал об'єкта можливо тільки при комплексному використанні всіх основних способів захисту.

Захист виробничих фондів складається в підвищенні протидії будинків, споруджень і конструкцій об'єкта вражаючим факторам й захисту технологічного встаткування, систем і комунікацій, а також засобів, що формують основу виробничого процесу.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



## 7 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

7.1 Розрахунок розміру відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок забруднення підземних вод

### 7.1.1 Методика розрахунку

Розрахунок розміру відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок забруднення підземних вод забруднюючими речовинами, грн, здійснюється за формулою

$$Z_{\Pi} = K_{кат} \cdot K_{Рн} \cdot L \cdot M_{\Pi_i} \cdot \gamma_i \quad (7.1)$$

де  $K_{кат}$  - коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта, який визначається згідно з таблицею 7.1;

Таблиця 7.1– Значення коефіцієнта  $K_{кат}$ , що враховує категорію водного об'єкта

Категорія водного об'єкта	$K_{кат}$ .
Поверхневі водні об'єкти:	
- культурно-побутового використання	1,0
- господарсько-питного водокористування	1,4
Поверхневі водні об'єкти рибогосподарського використання:	
- II категорії	1,6
- I категорії	2,0
- вищої категорії	2,5
Підземні води:	
- питні та мінеральні	5,0
- інші (промислові, технічні)	3,0

$K_{Рн}$  - регіональний коефіцієнт дефіцитності підземних вод, який

визначається згідно додатку 10 вищевказаної методики до Регіонального плану розвитку Луганської області

Змі	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ</b>		
Розроб.	Ружина						
Перевір.	Мошонько	Коефіцієнт, який враховує природну захищеність підземних вод:			СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19дм		
Консультант							
Н. Контр.							
Затверд.	Суворін						

для ґрунтових - 1,0;

для міжпластових безнапірних - 1,3;

для міжпластових напірних (артезіанських) - 1,6;

$M_{Pi}$  - маса і-ї забруднюючої речовини, що потрапила в підземні води, т.

Маса і-ї забруднюючої речовини, що потрапила в підземні води, розраховується з використанням даних еколого-гідрологічних вишукувань за формулою

$$M_{Pi} = V \cdot (C_i - C_{\phi_i}) \cdot 10^{-6} \quad (7.2)$$

де  $V$  - об'єм води в забрудненій частині водоносного горизонту, куб.м, який визначається за формулою

$$V = F \cdot m \cdot n_a \quad (7.3)$$

Де  $F$  - площа забруднення, кв.м;

$m$  - середня потужність забрудненої частини водоносного горизонту, м;

$n_a$  - активна пористість водонасичених порід, (визначається згідно з таблицею 7.2);

Таблиця 7.2 - Орієнтовні значення активної пористості порід

Назва породи	Активна пористість
Гравелисто-галечні відкладення	0,28-0,30
Крупнозернисті піски	0,24-0,26
Різнозернисті піски	0,20-0,24
Дрібнозернисті піски	0,18-0,22
Тонкозернисті піски	0,15-0,19
Пилуваті та глинисті піски	0,05-0,15
Супіски	0,08-0,10
Суглинки	0,05-0,08
Тріщинуваті породи (крейда, вапняк, пісковик)	0,04-0,07

$C_i$  - середня концентрація і-ї забруднюючої речовини у воді підземного водного об'єкта, г/куб.м;

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		ш

$C_{\text{фi}}$  - фоновая концентрация  $i$ -ї забруднюючої речовини у воді підземного водного об'єкта, г/куб.м.

У разі відсутності даних про фонові концентрації для підземних водних об'єктів замість  $C_{\text{фi}}$  використовуються відповідні ГДК для вод господарсько-питного водопостачання;

$\gamma_i$  - питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т, який визначається за формулою

$$\gamma_i = \gamma \cdot A_i \quad (7.4)$$

де  $\gamma$  (гама) - проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у поточному році, грн/т, який визначається за формулою

$$\gamma = \gamma_{\text{п}} \cdot \frac{I}{100} \quad (7.5)$$

де  $\gamma_{\text{п}}$  - проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у попередньому році, грн/т;

$I$  - індекс інфляції (індекс споживчих цін), середньорічний темп зростання за попередній рік, %;

$A_i$  - безрозмірний показник відносної небезпечності  $i$ -ї забруднюючої речовини, який визначається із співвідношення за формулою

$$A_i = \frac{1}{\text{ГДК}_i} \quad (7.6)$$

де  $\text{ГДК}_i$  - безрозмірна величина, чисельно рівна  $\text{ГДК}_i$  забруднюючої речовини у воді водного об'єкта відповідної категорії.

Для речовин з  $\text{ГДК}$  рівною одиниці і більше в чисельнику вводиться поправний коефіцієнт 10 ( $A_i = 10/\text{ГДК}_i$ ).

Для речовин, за якими відсутня величина  $\text{ГДК}$ , показник відносної небезпечності  $A_i$  приймається рівним 500, а при  $\text{ГДК}$  "відсутність" - 10000.

Базовий проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини в 2008 році дорівнює 500 грн/т:

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

З 2009 року щорічно здійснюється індексація питомого економічного збитку від забруднення водних ресурсів, віднесеного до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т.

У разі скидання забруднюючих речовин у складі продукції, сировини, відходів чи сміття або забруднюючих речовин із зворотними водами безпосередньо в підземний водний об'єкт маса скинутих забруднюючих речовин визначається на основі документів (якщо скид зафіксований) чи за результатами розслідування [28].

### 7.1.2 Розрахунок розміру відшкодування збитку

1. З таблиці 7.1 обираємо  $K_{\text{кат}} = 5$ .

$K_{\text{рп}}$  для Луганської області - 1,37;

$L$  для міжпластових напірних (артезіанських) - 1,6.

2. Обчислюємо масу  $i$ -ї забруднюючої речовини, що потрапила в підземні води  $M_{\text{пі}}$  за формулою (7.2). В якості  $C_i$  беремо середні значення концентрацій забруднювачів. Замість значень  $C_{\text{ф}}$  приймаємо значення ГДК.

Середні значення концентрацій  $C_i$  для нітритів, нітратів, менші за ГДК, тому їх з розрахунку збитку виключаємо.

Для розрахунку  $M_{\text{пі}}$  обчислюємо значення об'єму води в забрудненій частині водоносного горизонту  $V$  за формулою (7.3)

Площа забруднення підземних вод амонієм  $F$  дорівнює  $14,41 \text{ км}^2$ , або  $14,41 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ ; площа забруднення підземних вод солями -  $20,374 \text{ км}^2$ , або  $20,374 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ .

Середня потужність забрудненої частини водоносного горизонту  $m$  становить 30 м.

Активна пористість водонасичених порід  $n_a$  для тріщинуватих порід (крейда, вапняк, пісковик) приймаємо рівною 0,06.

$$V_{\text{аммоній}} = F \cdot m \cdot n_a = 14,41 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 0,06 = 25,938 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{сол}} = F \cdot m \cdot n_a = 20,374 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 0,06 = 36,6732 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

					<b>РМ.11.01.ПЗ</b>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Обчислюємо питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини  $\gamma_i$  за формулою (7.4). Проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів році  $\gamma_{\Pi}$  дорівнює 626 грн/т; Індекс інфляції приймаємо 110,1%.

$$\gamma_{2010} = \gamma_{2009} \cdot \frac{I}{100} = 626 \cdot \frac{110,1}{100} = 689,226$$

4) Розрахунок  $M_{\Pi i}$ ,  $\gamma_i$  та  $Z_{\Pi}$  проводимо з використанням Microsoft Excel. Результати розрахунку представлені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 - Результати еколого-економічних розрахунків

Забруднююча речовина	Середня концентрація і-ї забруднюючої речовини у воді, $C_{\text{ср}}, \text{г/м}^3$	Гранично допустима концентрація і-ї речовини ГДК, $\text{г/м}^3$	Показник відносної небезпечності і-ї речовини, $A_i$	Маса і-ї забруднюючої речовини, $M_{\Pi i}, \text{т}$	Питомий економічний збиток $\gamma_i$ , $\text{грн./т}$	Розмір відшкодування збитків, $Z_{\Pi i}, \text{грн}$
Амоній	59,26667	0,5	2	1524,29	1378,452	23028717
$\text{Ca}^{2+}$	1907,828	75	0,133333	67215,66	91,8968	1015483023
$\text{Na}^+$	2857,01	50	0,2	102942	137,8452	1555231231
$\text{Cl}^-$	8106,773	350	0,028571	284465,7	19,69217	4297660549
Збиток, $Z_{\Pi}, \text{грн}$						6891403520

Розмір відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок забруднення підземних вод становить 6891403520 грн./рік. Отримані еколого-економічні показники свідчать про необхідність проведення заходів, зі зменшення негативного техногенного впливу на підземні води.

## ВИСНОВКИ

Басейн річки Сіверський Донець розташований у межах Харківської, Донецької та Луганської адміністративних областей, являє собою урбанізований регіон з високим рівнем розвитку промисловості та сільського господарства. В умовах змін глобального та регіонального клімату, які на сході країни проявляються через зростання посушливості та зменшення стоку річок, проблема раціонального використання, збереження та охорони водних ресурсів р. Сіверський Донець набуває великого значення. Антропогенний вплив посилює негативні наслідки зменшення водності річки та сприяє її забрудненню

Гідроморфологічний моніторинг проведено на всіх 21 МПВ (крім 3-х, які було віднесено до істотно змінених/штучних), де здійснюється державний моніторинг поверхневих вод у 2019 році.

За результатами гідроморфологічного моніторингу, аналізу та оцінки гідроморфологічного стану за класами, запропоновані вимоги до високого статусу гідроморфологічних показників, який є необхідним для встановлення екологічного стану.

Були визначені 11 із 21 обстежених МПВ такі, що відповідають вимогам високого статусу. Результати гідроморфологічної оцінки відповідності МПВ району басейну річки Дону високому статусу будуть використані для встановлення екологічного стану.

Практичне застосування Методики та проведення гідроморфологічного моніторингу і оцінки в районі басейну річки Дон дозволило розробити ряд рекомендацій для врахування при проведенні відповідних досліджень на інших МПВ в Україні.

Зокрема рекомендовано:

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>			
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Ружина</i>				<i>ВИСНОВКИ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Мохонько</i>							
<i>Консультант</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Суворін</i>							
						<i>СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19дм</i>		

- врахувати пропозиції щодо вибраковування 4-ох показників (3а – Структура водної рослинності; 3б – Поширення решток дерев; 4а – Наявність руслових форм; 5в – Вплив щоденних коливань рівнів та витрат води). При цьому пропонується залишити право оцінювання цих показників за обласними ЦГМ, із врахуванням місцевої специфіки.

- провести інвентаризацію всіх МПВ в межах країни, де відбуваються щоденні коливання рівнів більше 50см, та проінформувати відповідні обласні ЦГМ з метою включення цього показника до оцінки.

- внести пояснення до Методики гідроморфологічного моніторингу масивів поверхневих вод для кращого розуміння показників, що оцінюються.

					<i>РМ.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## АНОТАЦІЯ

Розглянуто стан геологічного середовища та його компонентів на території Сєверодонецько-Рубіжанської міської агломерації. Проведені дослідження по вивченню впливу техногенних змін хімічного складу підземних вод на кінетику розчинення крейди. Встановлено, що забруднення підземних вод сприяє значній активізації карстового процесу. З метою розробки протикарстових заходів розроблені рекомендації по проведенню моніторингу карстового процесу.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>			
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>АНОТАЦІЯ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Ружина</i>							
<i>Перевір.</i>	<i>Мохонько .</i>							
<i>Консультан</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Суворін</i>				<i>СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19дм</i>			



## АННОТАЦИЯ

Рассмотрено состояние геологической среды и ее компонентов на территории Северодонецко-Рубежной городской агломерации. Были проведены исследования по изучению влияния техногенных изменений химического состава подземных вод на кинетику растворения мела. Установлено, что загрязнение подземных вод способствует активизации карстового процесса. С целью разработки противокарстовых мероприятий разработаны рекомендации по мониторингу карстового процесса.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
<i>Змін.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ABSTRACT

The state of the geological environment and its components on the territory of the Severodonetsk-Rubizhne urban agglomeration is considered. Studies have been conducted to study the effect of man-made changes in the chemical composition of groundwater on the kinetics of chalk dissolution. It is established that groundwater pollution contributes to the activation of the karst process. In order to develop anti-karst measures, recommendations for monitoring the karst process have been developed.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>	Арку
						.
<i>Змін.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ЛІТЕРАТУРА

1. Адаменко О.М., Рудько Г.І. Екологічна геологія. – Київ: Манускрипт, 1997. – 348 с.
2. 4. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.
3. Теория и методология экологической геологии/ Трофимов В.Т. и др. Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.
4. Экологические функции литосферы / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.А. Барабошкина и др. Под ред. В.Т. Трофимова.- М.: Изд-во МГУ, 2000, - 432 с.
5. Розанов С.И. Общая экология / С.И. Розанов. - СПб.: Издательство «Лань», 2005. – 288 с.
6. Горєв Л.М., Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Гідрохімія України. – К.: Вища школа, 1995.
7. Гвоздецкий Н. А. Карстовые ландшафты. Издательство МГУ, 1998. – 112с.
8. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена / В. М. Шестопапов, А. Б. Ситников, В. И. Лялько и др. Отв. ред. В. М. Шестопапов. – Изд. ИГН АН УССР. – Киев : Наук. думка, 1988.– 272 с.
9. Лущик А. В. Формирование режима подземных вод в районах развития активных геодинамических процессов / А. В. Лущик, Г. В. Лисиченко, Е. О. Яковлев. – К. : Наукова думка. – 1988. – 164 с.
10. Аксельруд Г. А. Массообмен в системе «твердое тело – жидкость» / Г. А. Аксельруд. – Львов, Изд-во ЛГУ, 1970. – 187 с.
11. Андрейчук В. Н. Карст как геоэкологический фактор / В. Н. Андрейчук. – Сосновец–Симферополь. – Изд-во Высш. шк. Экологии в Сосновице и Укр ИСК НАН и МОН Украины, 2007. – 137 с.

					<i>PM.11.01.ПЗ</i>		
Змі	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ЛІТЕРАТУРА		
Розроб.	Ружина						
Перевір.	Мохонько						
Консультан							
Н. Контр.							
Затверд.	Суворін				Літ.	Аркуш	Аркушів
						СНУ ім. В.Даля ПЕО-19дм	

12. Климчук А. Б. Эпикарст : гидрогеология, морфогенез и эволюция / А. Б. Климчук. – Симферополь : Сонат, 2009. – 112 с.
13. Основы гидрогеологии. Геологическая деятельность и история воды в земных недрах / Е. В. Пиннекер, Б. И. Писарский, С. Л. Шварцев и др. – Новосибирск : Наука, 1982. – 239 с.
14. Суярко В. Г. Экология подземной гидросферы Донбасса / В. Г.Суярко. – К. : Знание, 1997. – 69 с.
15. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 р.
16. Звіт з комплексного аналізу стану навколишнього природного середовища та план моніторингу забруднення Донецької та Луганської областей. – Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/recovery-and-peacebuilding/UNRPP-environmental-assessment-in-Donetsk-and-Luhansk-oblasts.html>
17. Звіт про проведенню моніторингу в Луганській області.
18. Гаррелс Р. М., Крайс Ч. Л. Растворы, минералы, равновесия. – М.: Мир, 1968.
19. [Набиванець Б.Й.](#), [Сухан В.В.](#), [Калабіна Л.В.](#) Аналітична хімія природного середовища. — К.: Либідь, 1996. —304 с.
20. Інформаційний бюлетень “Регіональні інженерно-геологічні умови території України”/Гол. ред. Є. О. Яковлев. – К.: “Геоінформ”, 1997. – Вип. 1. – 92 с.
21. Лущик А. В., Яковлев Є. О., Абрамов І. Б. Підтоплення. Моніторинг та нові підходи до його ведення//Матеріали III науково-практичної конференції “Моніторинг навколишнього природного середовища: науково-методичне, нормативне, технічне, програмне забезпечення”. 22–26 вересня 2008 р., АР Крим, м. Коктебель. – К.: НІЦ “Екологія, наука, техніка”, 2008. – С. 6–7.

					<i>PM.11 .01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

22. Науково-методичні основи вивчення регіональних інженерно-геологічних умов розвитку ЕГП: Звіт КВ УкрДГРІ за темою НДР № 375, за 1999–2003 рр., у 3 книгах. Книга 1. Текст/М. Швирло, А. Лущик, А. Можжеріна та ін. – Сімферополь, 2003. – 87 с.
23. Швирло М. І., Лущик А. В., Різник Т. О., Яковлев Є. О. Моніторинг сучасних геологічних процесів//Інформаційний бюлетень “Регіональні інженерно-геологічні умови території України”. – К.: Геоінформ, 1997. – Вип. 1. – С. 81–86.
24. Макаров Г.В. Охрана труда в химической промышленности. - М.: Химия, 1989.-496 с.
25. Методические рекомендации к выполнению раздела “Охрана труда и окружающей среды” / Сост. Горбас Л. Ф., Цебренко В. Н. – Рубежное: РФ ВНУ, 2001 – 30с.
26. Захаров Л. Н. Техника безопасности в химических лабораториях. - М.: Химия, 1985. – 184с.
27. Методичні вказівки до виконання еколого-економічних розрахунків в дипломних проектах (для студентів, що навчаються за спеціальністю 7.070801 "Промислова екологія та охорона навколишнього середовища") /Склала О.В. Маслош. – Северодонецьк, 2006. – 52 с.
28. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної магістерської роботи. Рекомендовано студентам спеціальності 101 «Екологія та охорона навколишнього середовища» денної та заочної форм навчання. / Укладачі Суворін О.В., Мохонько В.І., Ожередова М.А. – Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2016. – 40 с.

					<i>PM.11 .01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		