



DMT CONSULTING GMBH, GERMANY

ОПТИМІЗАЦІЯ СКИДАННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ НАДЛИШКУ ШАХТНИХ ВОД

КРИВИЙ РІГ, УКРАЇНА

для НІМЕЦЬКОГО ТОВАРИСТВА МІЖНАРОДНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА (GIZ)



для:

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
(GIZ) GMBH, DAG-HAMMARSKJÖLD-WEG 1-5, 65760 ESCHBORN

від:

30 червня 2017

звіт No.:

20669066/1

GIZ PROJECT PROCESSING NUMBER: 13.2204.9-001.00, CONTRACT NO.:81205721

GLOBAL SERVICES TO THE MINING AND ENERGY INDUSTRY

DMT CONSULTING GMBH IS A BRANCH OF DMT GMBH & Co. KG – MEMBER OF TÜV NORD GROUP

Earth. Insight. **Values.**

ЗМІСТ

0	РЕЗЮМЕ	10
1	ВСТУП	12
2	ІСНУЮЧА СИСТЕМА СКИДАННЯ НАДЛИШКУ ШАХТНИХ ВОД.....	13
2.1	СИСТЕМА ЗБОРУ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ШАХТНИХ ВОД	16
2.2	СТАВОК-НАКОПИЧУВАЧ ШАХТНИХ ВОД «БАЛКА СВИСТУНОВА»	17
2.3	ХВОСТОСХОВИЩЕ ПРАТ «ПІВНГЗК»	18
2.4	КАНАЛ ДНІПРО-ІНГУЛЕЦЬ	18
2.5	КАСКАД ВОДОСХОВИЩ НА Р. ІНГУЛЕЦЬ.....	19
2.6	КАСКАД ВОДОСХОВИЩ НА Р. САКСАГАНЬ	20
2.7	РЕЖИМ СКИДУ НАДЛИШКІВ ШАХТНИХ ВОД ПО ІСНУЮЧІЙ СИСТЕМІ.....	22
2.8	СТАН ТРУБОПРОВОДУ	23
2.9	СТАН СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА	25
2.10	СТАН ХВОСТОСХОВИЩА ПРАТ ПІВНГЗК	29
2.11	ЯКІСТЬ ВОДИ З ІСНУЮЧОЮ СИСТЕМОЮ	32
2.12	ВПЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	35
2.13	ВИТРАТИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ	39
3	ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ (A1)	43
3.1	КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВАРІАНТІВ	43
3.2	ПОСТІЙНИЙ СКИД НА ПРОТЯЗІ РОКУ.	59
3.3	РОЗШИРЕНИЙ ПЕРІОДИЧНИЙ СКИД	66
4	СКИДАННЯ ВОДИ З СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА У ЧОРНЕ МОРЕ (A2A).....	75
4.1	ВИБІР ТОЧКИ СКИДУ	76
4.2	ЯКІСТЬ ВОДИ В ПУНКТІ СКИДУ	78

4.3	СХЕМА ТРУБНИХ ТРАС.....	82
4.4	ЯКІСТЬ ВОДИ В РІЧЦІ ІНГУЛЕЦЬ	84
4.5	АНАЛІЗ ЗАКОНДАВЧИХ ОБМЕЖЕНЬ.....	86
4.6	ВИТРАТИ	94
5	СКИДАННЯ ВОДИ З СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА У ДНІПРО (А2Б).....	101
5.1	ВИБІР ТОЧКИ СКИДУ	101
5.2	ПЛАН ТРУБНИХ ТРАС ТА НАСОСНИХ СТАНЦІЙ	103
5.3	ЯКІСТЬ ВОДИ.....	105
5.4	ВИТРАТИ	106
6	ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЯ ШАХТНИХ ВОД (А3А)	109
6.1	КІЛЬКІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ВОДИ НА ВХОДІ	109
6.2	ПОПЕРЕДНІ ІНЖИНІРІНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ	111
6.3	ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ.....	112
6.4	ВИБІР ПРИДАТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	118
6.5	ОПИС ТЕХНОЛОГІЇ	119
6.6	КОНЦЕПЦІЯ УСТАНОВКИ В КРИВОМУ РОЗІ	123
6.7	ПРОДУКТИ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ	125
6.8	ВИТРАТИ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЮ	126
6.9	ЯКІСТЬ ВОДИ В РІЧЦІ ІНГУЛЕЦЬ	129
7	ОТРИМАННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ ТВЕРДОГО МАТЕРІАЛУ (А3Б)	130
7.1	ВИКОРИСТАННЯ В БУДІВНИЦТВІ.....	131
7.2	УТИЛІЗАЦІЯ КІНЦЕВИХ ПРОДУКТІВ ПІД ЗЕМЛЕЮ	132
7.3	УТИЛІЗАЦІЯ КІНЦЕВИХ ПРОДУКТІВ В КАР'ЄРАХ.....	137
7.4	УТИЛІЗАЦІЯ КІНЦЕВИХ ПРОДУКТІВ НА ПОЛІГОНАХ	142
7.5	ВИСНОВКИ	142

8	РОЗБАВЛЕННЯ МІСЦЕВИМИ СТОКАМИ ТА ВОДОЮ З ДНІПРА (4А)	143
8.1	ІСНУЮЧІ МІСЦЕВІ СТОКИ	143
8.2	АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ	148
8.3	ТЕХНІЧНІ МОЖЛИВОСТІ ЗАЛУЧЕННЯ ДОДАТКОВИХ ОБ'ЄГІВ ДНІПРОВСЬКОЇ ВОДИ	149
8.4	ПОСТІЙНИЙ СКИД НА ПРОТЯЗІ РОКУ	152
8.5	ПОСТІЙНИЙ СКИД З РЕГУЛЮВАННЯМ	154
8.6	ЯКІСТЬ ВОДИ В РІЧЦІ ІНГУЛЕЦЬ	155
8.7	НЕОБХІДНІ ТЕХНІЧНІ МІРИ	159
8.8	ВИТРАТИ	164
9	ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНА УТИЛІЗАЦІЯ ШАХТНИХ ВОД (А5)	171
10	АНАЛІЗ РИЗИКІВ	175
11	ВИМОГИ ДИРЕКТИВ ЄС	178
11.1	МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ	179
11.2	ЗНАЧНО ЗМІНЕНІ ТА ШТУЧНІ ВОДНІ ОБ'ЄКТИ	179
11.3	ПІДСУМОК НЕОБХІДНИХ КРОКІВ	180
12	ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРІНГУ	181
12.1	КОНЦЕПЦІЯ УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ	181
12.2	ПРИКЛАДИ НІМЕЧЧИНИ	182
13	ПІДСУМКИ АНАЛІЗУ АЛЬТЕРНАТИВ	185
14	ПРОЕКТНА КОМАНДА	186

ПЕРЕЛІК ТАБЛИЦЬ

Таблиця 1 Фактичні обсяги відкачки шахтних вод з 2012 по 2016рр. (тис. м³)	15
Таблиця 2 Обсяги подачі шахтних вод в ставок-накопичувач.....	27
Таблиця 3 Хімічний склад шахтних вод в ставку-накопичувачу	27
Таблиця 4 Обсяги скиду надлишків шахтних вод з ставка-накопичувача	28
Таблиця 5 Хімічний склад зворотних вод в хвостосховищі	30
Таблиця 6 Обсяги скиду надлишків вод з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК»	32
Таблиця 7 Джерела можливого впливату на якість води в басейні р. Інгулець.....	32
Таблиця 8 Витрати та якість води в р. Інгулець на державному гідропосту в с. Андріївка.....	34
Таблиця 9 Витрати на експлуатацію системи перекачки шахтних вод	39
Таблиця 10 Витрати на утилізацію шахтних вод в хвостосховищі ПРАТ «ПІВНГЗК»	40
Таблиця 11 Витрати на утримання ставка-накопичува	40
Таблиця 12 Витрати на подачу води по каналу «Дніпро - Інгулець»	41
Таблиця 13 Екологічні платежі за скид забруднюючих речовин	41
Таблиця 14 Сумарні витрати на експлуатацію існуючої системи.....	41
Таблиця 15 Цільова якість води в р. Інгулець.....	43
Таблиця 16 Джерела, витрати та якість води для постійного скиду	61
Таблиця 17 Джерела, витрати, концентрації для розширеного періодичного скиду.....	67
Таблиця 18 Витрати по варіанту з розширеним періодичним скидом.....	74
Таблиця 20 Прогнозна якість води.....	75
Таблиця 21 Кількість насосних стацій в залежності від діаметра трубопроводу.....	95
Таблиця 22 Відсоток вартості встановлення насосно-силового обладнання	97
Таблиця 23 Вартість будівництва	97
Таблиця 24 Вибір діаметру трубопроводу	98
Таблиця 25 Економічні показники скиду в Чорне море	100
Таблиця 26 Розрахунок кількості насосних стацій до Дніпра	106

Таблиця 27 Розрахунок діаметру трубопроводу до Дніпра	107
Таблиця 28 Економічні показники скиду до Дніпра.....	108
Таблиця 29 Якість шахтних вод для демінералізації	110
Таблиця 30 Підсумок попередніх інжинірингових досліджень та їх висновки	111
Таблиця 31 Витрати на установку демінералізації Дебієнско/Будрик	123
Таблиця 32 Капітальні витрати на установках Дебієнско/Будрик та ш. Артема	126
Таблиця 33 Операційні витрати на демінералізацію.....	128
Таблиця 34 Витрати на демінералізацію.....	129
Таблиця 35 Системи розробки та параметри шахт Кривбасу	132
Таблиця 36 Собівартість видобутку із закладкою vs з обваленням.....	136
Таблиця 37 Збільшення витрат з закладкою	136
Таблиця 38 Поточний стан рудних кар'єрів Кривбасу	138
Таблиця 39 Витрати на утилізацію солевідходів на поверхні.....	141
Таблиця 40 Обсяги очистки КОС.....	146
Таблиця 41 Характеристика стоків станцій аерації КОС.....	146
Таблиця 42 Фактичні обсяги відведення стічних вод в річки Інгулець та Саксагань.....	147
Таблиця 43 Джерела впливу на якість води р. Інгулець	152
Таблиця 44 Розрахунок втрат тиску по довжині трубопроводу.....	161
Таблиця 45 Варіанти комплектування насосної станції	162
Таблиця 46 Розрахунок втрат тиску.....	162
Таблиця 47 Насосно-силове обладнання	163
Таблиця 48 Вартість будівництва та експлуатації.....	165
Таблиця 49 Варіанти будівництва водоводу.....	166
Таблиця 50 Варіанти будівництва водоводу.....	167
Таблиця 51 Вартість реконструкції Дніпро – Інгулець	168
Таблиця 52 Зведені витрати.....	170

Таблиця 52 Аналіз ризиків	175
Таблиця 53 Якість води та витрати по альтернативам	185

ПЕРЕЛІК МАЛЮНКІВ

Малюнок 1 Схема використання та скиду вод гірничорудних підприємств Кривбасу **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Малюнок 2 План-схема ставка-накопичувача шахтних вод	25
Малюнок 3 Схема траси водовипуску шахтних вод зі ставка-накопичувача.....	28
Малюнок 4 План-схема хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК»	29
Малюнок 5 Схема водоводів та водовипуску з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК»	31
Малюнок 6 Область моделювання з блоками	45
Малюнок 7 Розташування й опис визначальних для моделювання об'єктів	46
Малюнок 8 Центральна область моделювання – важливі гідравлічні зв'язки (південь)	47
Малюнок 9 Модель-структура центральної області, з'єднання між блоками.....	48
Малюнок 10 Об'єм ставка-накопичувача Свистунова балка як функція висоти над рівнем моря	49
Малюнок 11 Наявні вимірювання хлоридів по контрольним пунктам	50
Малюнок 12 Хімічні елементи та концентрації.....	51
Малюнок 13 Контрольні створи та використані контрольні пункта для калібрування.....	52
Малюнок 14 рамочні витрати води в моделі	54
Малюнок 15 Витрати воді и одержаний в результаті дебіт річки Інгулець	55
Малюнок 16 Концентрація хлоридів в різних точках контролю	57
Малюнок 17 Загальна мінералізація в різних точках контролю	58
Малюнок 18 Концентрація сульфатів в різних пунктах контролю	59
Малюнок 19 Схема розташування об'єктів, задіяних у розбавленні шахтних вод	61
Малюнок 20 Концентрація хлоридів, безперервний скид	63
Малюнок 21 Загальна мінералізація, безперервний скид.....	64
Малюнок 22 Концентрація сульфатів, безперервний скид	65
Малюнок 23 Концентрація хлоридів, розширений скид	69
Малюнок 24 Загальна мінералізація, розширений скид.....	70

Малюнок 25 Концентрація сульфатів, розширений скид	71
Малюнок 26 Варіанти точки скиду до Чорного моря	77
Малюнок 27 Контури зони підвищення мінералізації	80
Малюнок 28 Зміна підвищення мінералізації $\square$ С (г/л).....	81
Малюнок 29 Схема трубої траси до Чорного моря.....	83
Малюнок 30 Концентрація хлоридів в р. Інгулець без скидання шахтних вод.....	84
Малюнок 31 Загальна мінералізація в р. Інгулець без скидання шахтних вод	85
Малюнок 32 Концентрація сульфатів в р. Інгулець без скидання шахтних вод.....	86
Малюнок 33 Варіанти точки скиду до Дніпра	102
Малюнок 34 Схема трубої траси до Дніпра.....	104
Малюнок 35 Якість води у Дніпрі	105
Малюнок 36 Огляд технологій демінералізації	109
Малюнок 37 Схема демінералізації на шахтах Дебієнско та Будрик.....	120
Малюнок 38 Установка зворотнього осмосу	121
Малюнок 39 Кристалізатор	122
Малюнок 40 Потенційне розташування устаткування з очистки шахтних вод.....	124
Малюнок 41 Капітальні витрати на діючі установки термічної демінералізації	127
Малюнок 42 Солебетон.....	131
Малюнок 43 Приклад системи розробки з закладкою	134
Малюнок 44 Схема розташування станцій аерацій КОС	144
Малюнок 45 Доступні джерела води.....	150
Малюнок 46 Концентрація хлоридів, постійний скид з регулюванням.....	156
Малюнок 47 Загальна мінералізація, постійний скид з регулюванням	157
Малюнок 48 Концентрації сульфатів, постійний скид з регулюванням	158
Малюнок 49 Система управління якістю води Унштрут	183

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1 ПОПЕРЕДНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ

ДОДАТОК 2 ТРАСУВАННЯ ВОДОВОДІВ

ДОДАТОК 3 ВІДПОВІДІ ШАХТ щодо утилізації

ДОДАТОК 4 ПРОПОЗИЦІЯ КЖРК

ДОДАТОК 5 ПРОПОЗИЦІЯ ПАТ "ЦЕНТРАЛЬНИЙ ГЗК"

0 РЕЗЮМЕ

1 ВСТУП

Німецьке товариство міжнародного співробітництва (GIZ) замовило DMT Consulting GmbH (DMT) дослідження щодо вдосконалення системи управління шахтними водами Кривбасу, Україна.

Проект складається з 2 фаз:

- Фаза 1: техніко-економічне порівняння попередньо відібраних варіантів оптимізації системи;
- Фаза 2: базовий інжиніринг для обраного варіанту.

Даний звіт охоплює фазу 1 проекту.

Варіанти для аналізу в рамках цього дослідження були обрані Робочою Групою (РБ). Робоча Група організована в місті Дніпро, Україна, з представників місцевих зацікавлених сторін проекту. Для подальшого аналізу в рамках фази 1 Робочою Групою, за участю експертів GIZ, були обрані наступні альтернативи:

- A1: Оцінка та пропозиції щодо поліпшення існуючої системи;
- A2a: Скидання води з ставка-накопичувача у Чорне море;
- A2b: Скидання води з ставка-накопичувача у річку Дніпро;
- A3a: Очищення шахтних вод (демінералізація) і утилізація кінцевого продукту;
- A3b: Отримання твердого матеріалу: змішування шахтної води або концентрату шахтної води з відповідними зв'язуючими компонентами та закладка або поховання у відвалах;
- A4: Розбавлення шахтних вод всіма доступними місцевими стоками (очищеними каналізаційними, зливовими) і певним обсягом води з річки Дніпро для постійного скидання в річку Інгулець;
- A5: Децентралізована утилізація шахтних вод: Гірничодобувні компанії використовують свої власні ресурси, які підходять під їхні умови.

Виходячи з результатів фази 1 дослідження DMT, Робоча Група обиратиме найбільш прийнятну альтернативу для подальшої фази інжинірингу.

Наразі, шахтні води збираються у ставку-накопичувачу з подальшим скидом у річку Інгулець. Це негативно впливає на якість води у річці та, відповідно, на екологічну ситуацію у її басейні. Відповідно, методологія DMT в цілому полягає у розробці технічних концепцій альтернатив, прогнозі якості води та оцінці витрат з точністю, адекватною для техніко-економічного порівняння.

2 ІСНУЮЧА СИСТЕМА СКИДАННЯ НАДЛИШКУ ШАХТНИХ ВОД

Криворізький залізорудний басейн (далі Кривбас) – найбільший в Україні басейн з покладами багатих залізних руд, головний гірничодобувний центр країни, розташований на території Дніпропетровської області. З початку промислового освоєння надр в Криворізькому залізорудному басейні видобуто близько 6 млрд. т залізорудної сировини. Сьогодні в Кривбасі одночасно експлуатується 18 родовищ, які розробляються відкритим та підземним способами. В басейні діє 8 шахт з підземного видобутку залізорудної сировини, які ведуть гірничі роботи в особливо небезпечних підземних умовах на глибинах 800 - 1500м. В 90-х роках минулого століття, в період економічного спаду, була зупинена виробнича діяльність 6 шахт. Для недопущення затоплення виробничого простору діючих шахт та втрати доступу до запасів залізних руд, державою, було прийнято низку рішень про переведення 3 шахт (Гігант, Саксагань, Першотравнева) в режим «сухої» консервації з підтримкою постійного режиму гідрозахисту (відкачки підземних вод з надр). Ще 3 відокремлені шахти (ГПУ, Південна, Північна ім. Валявко), які не мали гідралічного зв'язку з іншими шахтами та відпрацювали запаси залізних руд, було закрито і ліквідовано. Відповідно відкачку підземних вод з них було припинено.

Паралельно з шахтами в Кривбасі функціонує 5 великих гірничо-збагачувальних комбінатів, які ведуть видобуток руди у 10 кар'єрах на глибинах 250 – 450 м та здійснюють її переробку на гірничо-збагачувальних фабриках.

Шахтні та кар'єрні води використовуються для поповнення зворотних систем водопостачання на гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу, надлишки шахтної води накопичуються у ставку-накопичувачу шахтних вод в балці Свистунова. Останнє десятиріччя діючі гірничорудні підприємства Кривбасу та ті що працюють в режимі гідрозахисту, щорічно, відкачують на поверхню близько 40 млн.м³ підземних вод (шахтні, кар'єрні), серед яких 21 – 22 млн.м³ кар'єрних вод та 16-17 млн.м³ високомінералізованих шахтних вод. В основному це хлорид-сульфатні води з високим вмістом іон-хлору, сульфату, натрію, калію, магнію та кальцію з підвищеним рівнем загальної мінералізації від 5 до 96 г/л, усереднена мінералізація до 40 г/л.

Максимальні можливості по використанню підземних вод у зворотних циклах гірничорудних підприємств Кривбасу граничать на рівні 28 – 30 млн.м³ на рік. Решта 11-12 млн. м³ надлишків зворотних вод щорічно акумулюється і тимчасово утримується в ставку-накопичувачу шахтних вод.

Кар'єрні води ПРАТ "Інгулецький ГЗК", ПРАТ "Південний ГЗК", ГЗК ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг", ПРАТ "Центральний ГЗК" та ПРАТ "Північний ГЗК" відкачуються цими підприємствами самостійно і використовуються на комбінатах у власних системах зворотного водопостачання (Малюнок 1).

ОПТИМІЗАЦІЯ СКИДАННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ НАДЛИШКУ ШАХТНИХ ВОД
GIZ, УКРАЇНА
Звіт No.: 20669066/1

Шахтні води відкачуються з 8 діючих шахт (Тернівська, Гвардійська, Жовтнева, Батьківщина ПАТ «Кривбасзалізрудком», Ювілейна та ім. Фрунзе ПрАТ «ЄВРАЗ СУХА БАЛКА», ім. Орджонікідзе ПРАТ «ЦГЗК», ШУ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та з 2 шахт (Першотравнева-Дренажна ПРАТ «ПІВНГЗК», Гігант-Дренажна ПРАТ «ЦГЗК»), які реструктуризовані і працюють виключно у режимі гідрозахисту. Шахти ГПУ, Південна, Північна ім. Валявко ліквідовані і знаходяться на «мокрій» консервації, відкачка з них не здійснюється (Таблиця 1).

Перекачка шахтних вод до накопичувачів здійснюється по магістральним трубопроводам трьома насосними станціями шахтних вод (Руднична, Шахтарська, та насосна станція №8).

Від південної групи шахт насосними станціями Руднична та Шахтарська шахтні води відкачується на південь (12-13 млн.м³/рік), які перекачуються виключно в ставок-накопичувач шахтних вод в б. Свистунова, для їх тимчасової акумуляції та наступного скиду у міжвегетаційний період в річку Інгулець. Після скиду надлишку шахтних вод русло річки Інгулець промивається водою з Карачунівського водосховища, з компенсацією необхідних обсягів води дніпровською водою по каналу «Дніпро-Інгулець».

Від північної групи шахт насосною станцією №8 шахтні води відкачуються на північ (3,0 – 4,0 млн. м³/рік) в хвостосховище ПРАТ "ПІВНГЗК", де вона використовується в циклах зворотного водопостачання комбінату. Шахта "Першотравнева-Дренажна" самостійно здійснює відкачку та транспортування шахтних вод (близько 0,6 млн. м³/рік) в хвостосховище ПРАТ "ПІВНГЗК".

Періодично, вразі утворення надлишку зворотних вод в хвостосховищі ПРАТ «ПІВНГЗК», надлишок зворотних вод, виключно у міжвегетаційний період скидається в річку Саксагань. Після скиду надлишку зворотних вод у річку Саксагань, русло річки промивається дніпровською водою з Південного водосховища по каналу №33.

Таблиця 1 Фактичні обсяги відкачки шахтних вод з 2012 по 2016рр. (тис. м³)

Назва підприємства	2012р.	2013р.	2014р.	2015р.	2016р.
шахта "Тернівська"	1463,8	1584,4	1439,2	1368,4	1199,5
шахта "Гвардійська"	1110,5	1232,2	1310,4	1136,6	929,3
шахта "Ювілейна"	746,2	1002,4	1006,1	843,0	796,4
шахта ім. Орджонікідзе	161,2	159,3	146,1	126,0	136,0
Загалом по н.с. №8	3481,7	3978,3	3901,8	3474,0	3061,2
шахта "Першотравнева-Дренажна"	585,4	628,0	569,9	563,4	587,1
Всього на північ	4067,1	4606,3	4471,7	4037,4	3648,3
шахта "Октябрська"	1500,3	1482,6	1466,5	1273,9	1287,8
шахта "Батьківщина"	3281,1	3709,8	4416,6	4619,1	4784,3
шахта ім.Фрунзе	665,4	782,2	661,5	805,7	986,1

Назва підприємства	2012р.	2013р.	2014р.	2015р.	2016р.
Загалом по н.с. Шахтарська	5446,8	5974,6	6544,6	6698,7	7058,2
ШУ "АрселорМіттал Кривий Ріг"	3673,1	3454,8	3229,0	3066,4	2791,1
шахта "Гігант - Дренажна"	3143,6	3326,5	3291,9	3121,8	2704,8
Загалом по н.с. Руднична	6816,7	6781,3	6520,9	6188,2	5495,9
Всього на південь	12263,5	12755,9	13065,5	12886,9	12554,1
Всього по Кривбасу	16330,6	17362,2	17537,2	16924,3	16202,4

Шахтні води північної групи шахт технологічно використовуються у циклах зворотного водопостачання при збагаченні руди на Північному гірничо-збагачувальному комбінаті (ПРАТ «ПІВНГЗК»). Періодично, зважаючи на неможливість використання, усього обсягу відкачуваної як шахтної так і кар'єрної води у технологічних циклах по збагаченню руди на ПРАТ «ПІВНГЗК» здійснюються вимушені скиди надлишків зворотних води з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» в р. Саксагань, лівобережний приток р. Інгулець. Зважаючи на гідравлічний зв'язок розбавлені до допустимих концентрацій зворотні води з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» через р. Саксагань надходять в р. Інгулець, вище місця скиду надлишків шахтних вод зі ставка-накопичувача. Після здійснення скиду надлишків зворотних та шахтних вод, русла зазначених річок промиваються дніпровською водою.

Через відсутність інших вільних ємностей, придатних для постійної чи тимчасової акумуляції шахтних вод, в Кривбасі існує постійний ризик зупинки відкачки шахтних вод, і як наслідок припинення роботи підприємств з підземного видобутку залізорудної сировини (шахт).

2.1 СИСТЕМА ЗБОРУ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ШАХТНИХ ВОД.

Збір шахтних вод та транспортування їх до акумулюючих ємностей здійснюється по магістральним трубопроводам трьома насосними станціями шахтних вод. Загальна довжина системи відводу шахтних вод Кривбасу складає - 102,0 км. Загальна система відводу шахтних вод Кривбасу знаходить на балансі та експлуатується державним промисловим підприємством «Кривбаспромводопостачання» (далі ДПП «КПВП»).

Від шахти ім. Фрунзе, яка знаходиться на водорозділі, від південної групи шахт: «ім. Фрунзе» ПРАТ «Євраз Суха Балка», «Октябрьська» та «Батьківщина» ПАТ «Кривбасзалізрудком», шахтоуправління ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» та «Гігант - дренажна» ПРАТ «ЦГЗК» насосними станціями Руднична та Шахтарська відкачується на південь близько 12 млн.м³/рік шахтних вод, які подаються в ставок-накопичувач шахтних вод б.Свистунова для їх тимчасової акумуляції та подальшого скиду в р. Інгулець.

Від північної групи шахт: «Ювілейна» ПРАТ «Євраз Суха Балка», «ім. Орджонікідзе» ПРАТ «ЦГЗК», «Гвардійська» і «Тернівська» ПАТ «Кривбасзалізрудком» та шахта відкачка в обсязі

3,0 – 3,5 млн. м³/рік здійснюється насосною станцією №8 в хвостосховище ПРАТ "ПІВНГЗК", де вона використовується в циклах зворотного водопостачання комбінату. Шахта «Першотравнева-дренажна» ПРАТ «ПІВНГЗК» здійснює самостійну відкачку та транспортування в хвостосховище ПРАТ «ПІВНГЗК», обсяг відкачки 0,6-0,8 млн. м³/рік. Біля хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» побудована та діє насосна станція №9, яка забезпечує виключно підйом шахтних вод безпосередньо в хвостосховище, яке постійно розбудовується та нарощується. Зазначена насосна станція перебуває на балансі та експлуатується ПАТ «Кривбасзалізрудком».

2.2 СТАВОК-НАКОПИЧУВАЧ ШАХТНИХ ВОД «БАЛКА СВИСТУНОВА»

Ставок-накопичувач шахтних вод розташований на лівому березі річки Інгулець в балці Свиштунова, що входить у систему водозбору р. Інгулець, на південь від м. Кривий Ріг, в Широківському районі Дніпропетровської області. Власником ставка-накопичувача є Державне підприємство "Кривбасшахтозакриття".

Ставок – накопичувач шахтних вод побудований в 1976 році. Об'єкт відноситься до II класу капітальності.

- Гребля – насипна, ґрунтова, однорідна;
- Відмітка гребня греблі - 90,0 м БС;
- Довжина греблі – 7,125 км;
- Ширина греблі по гребню – 6–12 м;
- Максимальна висота – 25,0 м.

Проектна ємність ставка-накопичувача при нормальному підпертому рівні (НПР), що відповідає відмітці поверхні води – 88.50 м БС становить 12 млн.м³. Площа дзеркала води (при НПР) – 216 га.

Відповідно до технічного проекту, ставок - накопичувач призначений для тимчасової акумуляції надлишків шахтних вод у вегетаційний період, із наступним його повним спорожненням в осінньо-зимовий період (міжвегетаційний період) з паралельним транзитом шахтних вод через чашу накопичувача в період їх скиду.

Через певні гідрогеологічні особливості ложа та греблі що огорожує, ставок – накопичувач шахтних вод є об'єктом незавершеного будівництва. Тимчасово дозволений максимальний обсяг накопичення надлишків шахтних вод в ставку – накопичувачу складає – 7,750 млн. м³, що відповідає позначці рівня води – 86,00 м. З цієї причини неможливо акумулювати весь річний обсяг надлишків шахтних вод, без переповнення цієї гідротехнічної споруди, порушення правил її експлуатації та безпеки, що може призвести до її аварійного стану.

Наповнення ставка-накопичувача шахтними водами здійснюється по напірному трубопроводу діаметром 1200 мм. Скид шахтної води відбувається у його верхів'ї, який розташований на північно-східній околиці ставка-накопичувача. Скид зі ставка-накопичувача забезпечують дві плаваючі насосні станції по трубопроводу, діаметром 1000 мм. Безпосередньо в річку Інгулець скид здійснюється одним поверхневим зосередженим випуском, розташованим на лівому бе-

резі р. Інгулець, нижче с. Латівка. Відстань від гирла річки Інгулець до місця скиду шахтних вод складає 302 км.

2.3 ХВОСТОСХОВИЩЕ ПРАТ «ПІВНГЗК»

Хвостосховище ПРАТ "ПІВНГЗК" розташоване в північно-східній частині м. Кривий Ріг, на правому березі річки Саксагань, в межах балки Петрикова, яка входить в систему водозбору р. Саксагань. Власником хвостосховища є ПРАТ "ПІВНГЗК".

Хвостосховище створене будівництвом дамб, що огорожують до відм. +157,0 м та призначено для складування хвостів рудозбагачення та акумуляції зворотної води, з метою її освітлення і наступної подачі в систему зворотного водопостачання рудозбагачувальних фабрик комбінату.

Технічна характеристика хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК»:

- об'єкт відноситься до I класу капітальності;
- відмітка гребня греблі проектна - 161,0 м;
- відмітка гребня греблі фактична - 157,0 м;
- довжина греблі по контуру - 17,5 км;
- висота греблі – 84,5 м;
- ширина греблі по гребню – 14,5 м;
- загальний проектний обсяг – 589,9 млн.м³;
- відмітка НПР - 155,5 м;
- загальний обсяг (при НПР) – 589,9 млн.м³;
- площа дзеркала води – 727 га;
- проектний обсяг зворотної води – 17,0 млн.м³;
- корисна площа – 1293,0 га;
- заскладовано хвостів – 576,7 млн.м³.

В хвостосховище постійно подається вода Першотравневого та Ганнівського кар'єрів ПРАТ "ПІВНГЗК" і шахти «Першотравнева-дренажна» ПРАТ «ПІВНГЗК», а також шахтні води північної групи шахт. Періодично за потреби в хвостосховище залучаються господарко-побутові стоки північної станції аерації очисних споруд м. Кривий Ріг.

Скидання з хвостосховища надлишків зворотних вод в р. Саксагань здійснюється двома поверхневими зосередженими водовипусками, що розташовані на правому березі р. Саксагань, нижче села Сергіївка.

2.4 КАНАЛ ДНІПРО-ІНГУЛЕЦЬ

Для компенсації витрат та обсягів води при скиді на розбавлення шахтних вод в існуючій системі скиду та розбавлення шахтних вод задіяний канал Дніпро-Інгулець.

Канал бере початок в Обломеївському рукаві Цибульницької затоки Кременчуцького водосховища, розташованого на річці Дніпро. Траса каналу пролягає до р. Березівки, що впадає в верхів'я Олександрійського водосховища, розташованого на р. Інгулець. Далі по річці Інгу-

лець дніпровська вода потрапляє у Іскрівське водосховище. Після проходження через Іскрівське водосховище дніпровська вода, що подається по каналу потрапляє по руслу р. Інгулець та верхів'я Карачунівського водосховища.

Загальна довжина 150,5 км. Канал починається на заплаві р. Дніпро, перетинає водовіл та проходить по заплаві р. Інгулець. На каналі діють 2 насосні станції (головна, або I підйому, та II підйому) продуктивність кожної 51 м³/с, а висота підйому відповідно головної – 45,0 м та II підйому - 10,5 м. На вододільній ділянці каналу побудовано 2 нитки тунелю діаметром 4 м, завдовжки 2170 м та швидкотік довжиною 5862 м при ширині дна 8 – 9 м. Інші ділянки траси каналу мають трапецієподібний переріз із шириною дна 8 м. Протифільтраційне облицювання виконане на ділянці завдовжки 10,7 км. На трасі каналу є шлюзи-регулятори, автодорожні та пішохідні мости, 3 регулюючі ставки, транзитне Скелівське водосховище (об'єм 1,1 млн. м³), зливу пропускні споруди, аварійний скид тощо.

2.5 КАСКАД ВОДОСХОВИЩ НА Р. ИНГУЛЕЦЬ

Дніпровська вода, яка подається по каналу Дніпро-Інгулець проходить через каскад водосховищ на р. Інгулець: Олександрійське, Іскрівське та Карачунівське водосховища. Нижче наведено коротку характеристику водосховищ.

Олександрійське водосховище:

- Введене в експлуатацію у 1958 р;
- Гідровузол водосховища розташований на 502 км від гирла річки Інгулець;
- Водосховище сезонного регулювання стоку; тип водосховища – руслове;
- Нормальний підпертий рівень (НПР) – 93.50 м БС; рівень мертвого об'єму – 90.50 м БС.
- Повний об'єм водосховища при НПР – 6,91 млн.м³, корисний – 6,23 млн.м³;
- Площа дзеркала при НПР – 3,68 км²;
- Гребля глуха, земляна;
- Максимальна висота греблі – 7,2 м;
- Максимальна пропускна здатність водопропускних споруд – 323 м³/с.

Іскрівське водосховище:

- Введене в експлуатацію у 1958 р.
- Гідровузол водосховища розташований на 383 км від гирла річки Інгулець.
- Водосховище сезонного регулювання стоку. Тип водосховища – руслове.
- Нормальний підпертий рівень (НПР) – 75.00 м БС. Рівень мертвого об'єму – 71.00 м БС. Форсований підпертий рівень (ФПР) – 76,10 м БС.
- Повний об'єм водосховища при НПР – 40,7 млн.м³, корисний – 31,0 млн.м³.
- Площа дзеркала при НПР – 11,1 км².
- Гребля глуха, земляна з ядром з суглинку. Довжина по гребеню – 365,0 м. Ширина по верху – 10 м.
- Довжина водосховища – 35,0 км.
- Максимальна ширина – 1,7 км. Максимальна глибина – 14,5 м.

- Максимальна пропускна здатність водопропускних споруд - 915,0 м³/с.

Карачунівське водосховище:

Для забезпечення розбавлення шахтної води під час скиду високо мінералізованих шахтних вод використовується Карачунівське водосховище. Гребля Карачунівського водосховища розташована на 331 км від гирла річки Інгулець. Гідровузол введений в експлуатацію в 1958 році.

Нормальний підпертий рівень (НПР) – 59.00 м БС. Рівень мертвого об'єму – 47.80 м БС. Форсований рівень – 59.70 м БС. Повний об'єм водосховища при НПР - 308,5 млн.м³, корисний – 288,5 млн.м³, довжина – 35 км, ширина середня - 1,28 км (максимальна – 5,3 км), глибина середня - 6,88 м (максимальна – 19,1 м). Площа дзеркала при НПР - 44,8 км².

Водосховище багаторічного регулювання стоку. Тип водосховища – руслове. Гідровузол складається з греблі, берегових водоскидів та водозабір суміщений з водовипускною спорудою. Грубля глуха, кам'яно-накидна, проїзна, з парпетом, довжиною по гребеню 205,7 м, шириною 8,0 м, максимальною висотою 21,0 м. Відмітка гребеня – 61.00 м БС, відмітка парпету – 62.50 м БС.

Закладання укосів:

- верхового – 1,0;
- низового – 1,25.

Верхових захищений залізобетонним екраном. Низовий закріплений кам'яною кладкою. Гребінь закріплений асфальтобетоном. Берегові водоскиди розташовані у лівому та правому корінних берегах, двох прольотні. Ширина кожного отвору – 12,0 м. Відмітка порогу водоскиду – 53,0 м БС. Напір на порозі – 6,0 м. Максимальна пропускна здатність берегових водоскидів при НПР -1420,0 м³/с.

Затвори, що перекривають отвори – сегментні, піднімаються за допомогою електропідйомниками. Водозабір баштового типу, розташований у правобережній частині греблі. В ньому передбачений водовипуск у вигляді залізобетонної труби, діаметром 2,1 м та довжиною 72,0 м з порогом на вході у трубу на відмітці 40.00 м БС, який перекривається на вході затвором. Максимальні витрати водовипуску при НПР – 32,0 м³/с.

Для забезпечення розбавлення шахтних вод під час їх скиду з ставка-накопичувача використовується вода саме з Карачунівського водосховища.

2.6 КАСКАД ВОДОСХОВИЩ НА Р. САКСАГАНЬ

Технологія скиду надлишків зворотних вод з ПРАТ «ПІВНГЗК» передбачає їх розведення до дозволених регламентом скиду концентрації у контрольних створах. Зважаючи на розташування хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» єдиним джерелом для розведення зворотної води є Макортівське водосховище.

- Макортівське водосховище:

- Введене в експлуатацію у 1958 р.
- Гідровузол водосховища розташований на 65 км від гирла річки Саксагань.
- Водосховище багаторічного регулювання стоку. Тип водосховища – руслове.
- Нормальний підпертий рівень (НПР) – 81,80 м БС. Рівень мертвого об'єму – 70,50 м БС. Форсований підпертий рівень (ФПР) – 90,50 м БС.
- Повний об'єм водосховища при НПР – 57,88 млн.м³, корисний – 53,88 млн.м³.
- Площа дзеркала при НПР – 13,3 км².
- Гребля глуха, земляна, проїзна. Довжина по гребеню – 540,0 м. Ширина по верху – 8 м.
- Відмітка гребеня – 91,50 м БС. Максимальна висота – 33,5 м.
- Довжина водосховища – 57,0 км.
- Максимальна ширина водосховища – 0,35 км.
- Максимальна пропускна здатність водопропускних споруд при НПР - 34,0 м³/с.

Після скиду води з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» розбавлена вода по руслу річки Саксагань потрапляє в Кресівське та Саксаганське водосховища і потім в р. Інгулець.

Кресівське водосховище

- Введене в експлуатацію у 1957 р.
- Гідровузол водосховища розташований на 21 км від гирла річки Саксагань.
- Водосховище сезонного регулювання стоку. Тип водосховища – руслове.
- Нормальний підпертий рівень (НПР) – 50,40 м БС. Рівень мертвого об'єму – 47,50 м БС. Форсований підпертий рівень (ФПР) – 57,80 м БС.
- Повний об'єм водосховища при НПР – 10,22 млн.м³, корисний – 7,72 млн.м³.
- Площа дзеркала при НПР – 5,2 км².
- Гребля глуха, земляна, проїзна. Довжина по гребеню – 922,0 м. Ширина по верху – 8 м.
- Відмітка гребеня – 58,80 м БС. Максимальна висота – 19,0 м. Максимальна глибина – 17,2 м.
- Довжина водосховища – 47,0 км.
- Максимальна ширина водосховища – 0,31 км.
- Максимальна пропускна здатність водопропускних споруд при НПР - 34,0 м³/с.

Саксаганське (Дзержинське) водосховище

- Введене в експлуатацію у 1957 р.
- Гідровузол водосховища розташований на 6 км від гирла річки Саксагань.
- Водосховище сезонного регулювання стоку. Тип водосховища – руслове.
- Нормальний підпертий рівень (НПР) – 40,80 м БС. Рівень мертвого об'єму – 33,20 м БС. Форсований підпертий рівень (ФПР) – 46,80 м БС.
- Повний об'єм водосховища при НПР – 2,6 млн.м³.
- Площа дзеркала при НПР – 1,5 км².

Гребля глуха, кам'яно-накидка з суглинистим ядром, проїзна. Довжина по гребеню – 148,0 м. Ширина по верху по проекту – 16 м, реконструйована для збільшення проїзду і розширена до

16 – 100 м. Відмітка гребеня – 47,80 м БС. Максимальна глибина – 7,60 м. Довжина водосховища – 2,50 км. Максимальна ширина водосховища – 1,0 км.

Скидною спорудою водосховища є тунель, довжиною 5,322 км, діаметром 3,5 м. На вході перекривається плоским затвором.

Максимальна пропускна здатність водопропускних споруд при НПР - 34,0 м³/с.

Технологія скиду надлишків зворотних вод з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» передбачає їх розбавлення до дозволених регламентом скиду концентрацій у контрольних створах. Зважаючи на місце розташування хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК», єдиним джерелом для розбавлення зворотної води є саме Макортівське водосховище. Після скиду води з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» розбавлена вода по руслу річки Саксагань потрапляє в Кресівське та Саксаганське водосховища і вже потім в р. Інгулець.

2.7 РЕЖИМ СКИДУ НАДЛИШКІВ ШАХТНИХ ВОД ПО ІСНУЮЧІЙ СИСТЕМІ

Щорічний дозований (регульований) скид надлишків зворотних вод здійснюється згідно з «Регламентом скиду» виключно у міжвегетаційний період (листопад - лютий), з розбавленням зворотних вод до рекомендованих норм якості води у контрольних створах розташованих нижче місця скиду. Динаміка фактичних обсягів скиду надлишків шахтних вод гірничорудних підприємств Кривбасу, що проходять через ставок-накопичувача з 2005 по 2017 рік наведено в таблиці:

Таблиця 2 Динаміка фактичних обсягів скиду

Період скиду: (листопад-лютий)	Фактичний обсяг скиду, млн. м ³
2005-2006 рр.	10,762
2006-2007 рр.	10,420
2007-2008 рр.	11,000
2008-2009 рр.	11,708
2009-2010 рр.	11,195
2010-2011 рр.	11,100
2011-2012 рр.	10,874
2012-2013 рр.	9,950
2013-2014 рр.	9,420
2014-2015 рр.	10,188
2015-2016 рр.	9,836
2016-2017 рр.	9,596

Відповідно до фактичних обсягів надходження та акумуляції шахтних вод в ставку-накопичувачу, скид їх надлишків здійснюється щорічно, у міжвегетаційний період, в обсязі 10,0-12,0 млн. м³. Концентрація солей в шахтних водах, які скидаються, коливається в межах 38,0- 42,0 г/л (в середньому близько 40,0 г/л) і має тенденцію до зростання. В зв'язку з подальшим поглибленням шахт виникає потреба у відкачці підземних вод з більш глибоких горизонтів, де концентрація солей вища у порівнянні з верхніми горизонтами. Для досягнення розрахункової концентрації солей у контрольному створі «Регламентом скиду» передбачається подача води з Карачунівського водосховища в обсягах, достатніх для

розбавлення шахтних вод, що скидаються зі ставка накопичувача. Для компенсації відповідного обсягу води, що використовується з Карачунівського водосховища для розбавлення шахтної води, в басейн р. Інгулець залучаються аналогічні обсяги дніпровської води шляхом подачі по каналу «Дніпро-Інгулець».

Допустимі концентрації забруднюючих речовин у контрольному створі визначаються з урахуванням результатів досліджень та рекомендацій, наданих Національним аграрним університетом НАН України та інститутом гідробіології НАН України. На підставі багаторічних досліджень та враховуючи багато численні дані інших дослідників по впливу хлоридів, сульфатів, мінералізації на життєдіяльність іхтіофауни встановлено, що при скиді зворотних вод вміст хлоридів нижче зони змішування не повинен бути вищим, ніж 4,5 г/л при загальному рівні мінералізації води не більше 9,0 г/л.

У відповідності до «Регламентом скиду» на період скиду, для контролю за хімічним складом води шляхом відбору проб, на річках Інгулець і Саксагань встановлюються 10 тимчасових контрольних створів, з яких 1 контрольний створ на р. Саксагань і 9 контрольних створів на р. Інгулець. Серед них 6 розрахункових контрольних створів, 1 лімітуючий контрольний створ – скид з ставка-накопичувача б. Свистунова та 3 контрольних створи на постійно діючих водовипусках в р. Інгулець, розташованих нижче греблі Карачунівського водосховища до замикаючого контрольного створу – державний контрольний гідрологічний пост в с. Андріївка.

В період виконання скиду надлишків зворотних вод контроль за дотриманням розрахункових норм якості води, які повинні бути досягнуті на термін контролю, здійснюється контролюючими органами шляхом порівняння вимірених показників із відповідними однойменними показниками визначеними в регламенті скиду, безпосередньо в лімітуючому контрольному створі, контрольному створі нижче від місця скиду та зони змішування зворотних вод, а також в замикаючому контрольному створі - державний гідропост в с. Андріївка.

Скид надлишків шахтних вод призводить до тимчасового погіршення стану водного об'єкту нижче точки скидання, до моменту промивки. Для поліпшення якості води у водному об'єкті, після скиду надлишків зворотних вод, виконуються заходи з ліквідації наслідків скиду, шляхом виконання промивки русла річки Інгулець, від греблі Карачунівського водосховища до її гирла та, періодично, річки Саксагань, від греблі Макортівського водосховища до її гирла, коли виконується скид надлишків зворотних вод з хвостосховища ПРАТ «ПІВДГЗК».

2.8 СТАН ТРУБОПРОВОДУ

Система відводу шахтних вод Кривбасу була побудована в декілька етапів. Перша черга системи побудована в 1960 році. До її складу увійшли дві нитки самостічного колектору від шахти Тернівська (ім. Леніна) до насосної станції Шахтарська (ім. Карла Лібкнехта) та дві нитки напірного колектору від насосної станції Шахтарська (ім. Карла Лібкнехта) КП-2 далі в одну нитку напірний трубопровід в балку Грушовата (ставок зворотного водопостачання ПАТ «ПІВДГЗК» та ГЗК «АрселорМіттал Кривий Ріг»). В 1965 році побудована насосна станція Руднична (Кіровська) для відводу до діючої системи шахтних вод від шахт «Гігант» та шахтоуправління ПРАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». В 1976 році добудовано напірний трубопровід до ставка-накопичувача шахтних вод в балці Свистунова. Нарешті в 1982 році була побудо-

вана насосна станція №8 з напірним трубопроводом в одну нитку до хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» та розпочато розподіл транспортування шахтних вод в північному та південному напрямках. Таким чином до складу загальної системи відводу шахтних вод Кривбасу увійшли 3 насосні станції з перекачки шахтних вод та 107,0 км трубопроводів Ø від 400 до 1200мм. Пізніше в 1999 році, для вирішення локальної проблеми закачування шахтних вод безпосередньо в хвостосховище ПРАТ «ПІВНГЗК», була побудова насосна станція №9, яка не увійшла до складу загальної системи і перебуває на балансі ПАТ «Кривбасзалізрудком».

За тривалий період експлуатації системи від 35 до 55 років (більшість ділянок трубопроводів понад 50 років) система відводу шахтних вод не зазнала значних реконструкцій та перебудов, через що трубопроводи фізично стали не придатними для їх подальшої експлуатації. Рекомендований термін експлуатації сталевих та чавунних трубопроводів в агресивних умовах 20-30 років. Заміна сталевих та чавунних трубопроводів здійснювалася лише в місцях перетину з залізничними коліями та автомобільними шляхопроводами. Поточні амортизаційні відрахування, від експлуатації системи, використовувалися виключно на підтримання її в робочому стані, заміну аварійних ділянок трубопроводів, реконструкцію насосних станцій та насосного обладнання. За таких обставин на теперішній час потребують заміни майже 90% діючих трубопроводів системи.

У зв'язку з виходом з ладу більшості сталевих та чавунних трубопроводів система відводу шахтних вод сьогодні експлуатується в одну нитку, як в північному так і південному напрямках. В разі виникнення аварійної ситуації на трубопроводах перекачка шахтних вод припиняється. На період ліквідації аварійної ситуації (1 - 2 доби) шахти вимушені вживати заходів щодо акумуляції шахтних вод у своїх водозбірниках та гірничих виробках з тимчасовим їх переповненням.

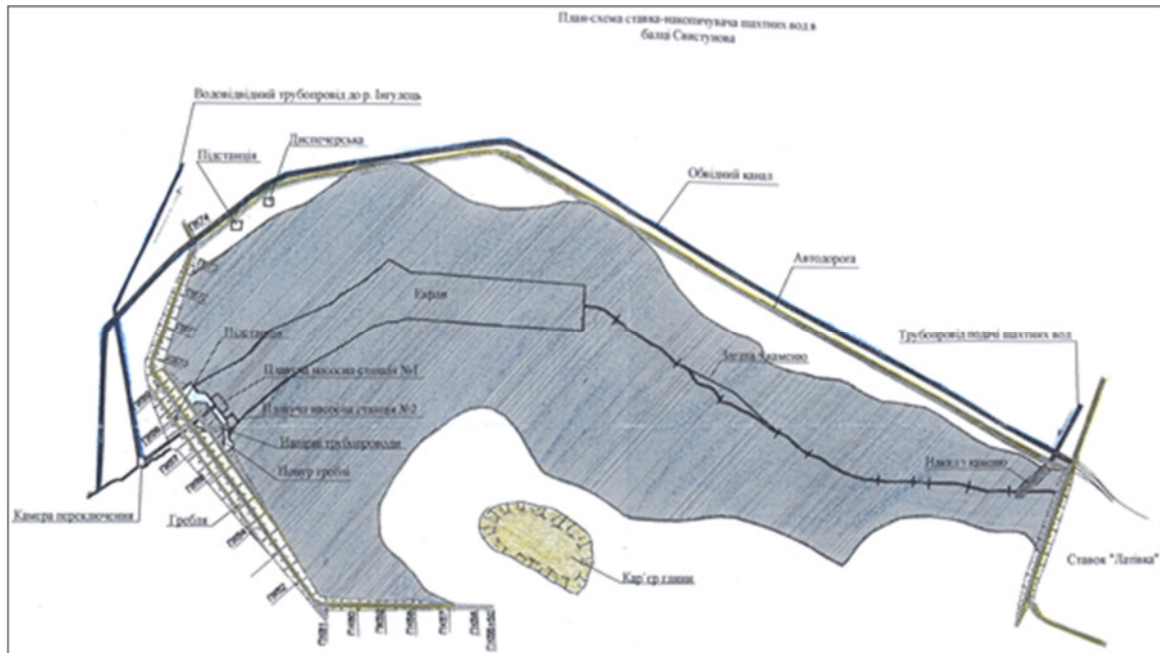
Крім того, через високий вміст завислих речовин (10 - 30 мг/л) в шахтних водах, що відкачуються з шахт, за тривалий період експлуатації на занижених ділянках трубопроводів відбулося їх замулювання з втратою від 50 до 70 пропускної спроможності трубопроводів.

Для підтримки життєдіяльності системи ДПП «КПВП» були впроваджені вимушені обмежувальні заходи для шахт та введено на постійній основі графіки відкачки шахтних вод від шахт та передачі їх до загальної системи транспортування. Однак навіть за впровадження обмежувальних заходів уникнути аварій та пошкоджень на трубопроводах не вдається. При поточній експлуатації кількість пошкоджень та аварій на трубопроводах досягають 80 - 120 на рік. Поточні витрати ДПП «КПВП» на заміну аварійних ділянок трубопроводів та рекультивацію пошкоджених земельних ділянок вздовж трубопроводів сягають 1100,0 - 1500,0 тис. грн. на рік.

Підсумовуючи вище викладене слід зазначити, що система відводу шахтних вод Кривбасу фізично зношена та у подальшому не придатна якісно та безпечно здійснювати транспортування шахтних вод Кривбасу. На протязі останніх 10 - 15 років система експлуатується практично в аварійному стані зі значними обмеженнями режимів тисків транспортування шахтних вод. Вся система відведення шахтних вод Кривбасу потребує невідкладних робіт з її капітальної реконструкції та навіть часткової перебудови.

2.9 СТАН СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА

Ставок-накопичувач шахтних вод розміщений на лівому березі річки Інгулець в балці Свистунова, яка входить в систему водозбору р. Інгулець. Адміністративно об'єкт розташований в Широківському районі Дніпропетровської області, на південь від м. Кривий Ріг. Ставок – накопичувач шахтних вод побудований в 1976 році. Об'єкт складається з чаші та гідровузла (Малюнок 2).



Малюнок 2 План-схема ставка-накопичувача шахтних вод

Технічна характеристика ставка – накопичувача:

- об'єкт відноситься до II класу капітальності (CC2);
- тип – балковий;
- відмітка НПР - 88,5 м;
- повний обсяг (при НПР) – 12 млн.м³;
- площа дзеркала води (при НПР) – 216 га;
- рекомендована відмітка наповнення – 86,0 м;
- повний обсяг (при 86,0 м) – 7,75 млн.м³;
- площа дзеркала води (при 86,0 м) – 145 га
- абсолютні відмітки ложа – найвища – 90,0 м; найнижча – 68,3 м
- гребля – насипна, ґрунтова, однорідна;
- відмітка гребня греблі - 90,5 м;
- довжина греблі по гребню – 1,8 км;
- ширина греблі по гребню – 6 – 12 м;
- максимальна висота – 25,0 м;
- закладання укосів – верхній 1:3, 1:3,5; низовий 1:3;

- мінімальний рівень спорожнення – 76,8 м;
- мінімальний обсяг після спорожнення – 500 тис.м³.

Відведення поверхневого стоку з водозбірної площі ставка-накопичувача передбачено в обхід ємності акумуляції, для чого влаштовано обвідний канал довжиною 4 км. З метою зменшення фільтраційних витрат через дно балки, при будівництві, було влаштовано протифільтраційний екран з глинистих ґрунтів товщиною 2 - 3 м на площі 20,6 га. В 1986 році, під час проведення ремонтних робіт, протифільтраційний екран було посилено та розширено по всьому ложу до позначки 86,00 м. Для проведення спостережень за фільтраційним режимом в тілі греблі встановлено 32 п'єзометри та 32 репера для здійснення спостережень за плановим і висотним положенням земляної греблі. Навколо ставка-накопичувача обладнана мережа спостережних свердловин, яка складається з 25 п'єзометрів розташованих на восьми поперечниках у радіальному напрямку від ставка-накопичувача.

Через складні геологічні та гідрогеологічні умови в місці розташування об'єкту, ставок-накопичувач шахтних вод не було введено в експлуатацію після будівництва. До теперішнього часу ставок-накопичувач обліковується, як об'єкт незавершеного будівництва, на якому триває реалізація комплексних заходів з проведенням посиленого режиму спостережень та профілактичних ремонтних робіт з підтримки належного технічного стану об'єкту.

За таких обставин фактичні можливості з тимчасової акумуляції надлишків шахтних вод в ставку-накопичувачі обмежені. Тимчасово дозволений максимальний обсяг накопичення надлишків шахтних вод в ставку-накопичувачу складає 7,750 млн. м³, що відповідає позначці рівня води 86,00 м.

За висновками проектної організації (проектно-розвідувальний та науково-дослідний інститут ПАТ «Укрводпроект»), яка здійснює авторський нагляд за об'єктом, сучасний стан ставка-накопичувача в цілому задовільний. На базі аналізу натурних спостережень та даних експлуатації ставка-накопичувача за період з 2009 по 2016 рр. проектним інститутом були зроблені наступні висновки:

- ложе ставка-накопичувача у задовільному стані, аварійно небезпечних деформацій ложа не спостерігається. Завдяки експлуатації ставка-накопичувача в режимі тимчасової акумуляції до рекомендованого рівня, з наступним повним його спорожненням, відсутній постійно діючий фільтраційний напір, тому і на далі залишається актуальним питання обмеження його наповнення вище рекомендованого рівня. Збільшення товщі шару води у чаші (наповнення вище рекомендованого рівня) неминуче призведе до збільшення низхідних фільтраційних градієнтів напору, що не виключає виникнення деформацій ложа;
- гідровузол ставка-накопичувача знаходиться в задовільному стані. Кріплення укосів греблі не порушено. Величини вертикальних та горизонтальних зміщень греблі не перевищують допустимих значень. Виходу фільтраційних вод в нижньому б'єфі не спостерігається. Контрольно-вимірювальна апаратура перебуває у задовільному стані. Насосні станції (НС1 і НС2) утримуються в задовільному стані та потребують поточного ремонту. Скидний трубопровід також потребує поточного ремонту для підтримки його у робочому стані;

- рівень підземних вод в районі розташування ставка-накопичувача стабільний. Відмітки рівнів підземних вод стабільно утримуються в шарах пісків та вапняків на глибині 10-16 м нижче основи греблі.

Згідно проекту, ставок - накопичувач призначений для тимчасової акумуляції надлишків шахтних вод у вегетаційний період, з наступним повним спорожненням його в осінньо-зимовий (міжвегетаційний) період. В ставок-накопичувач постійно надходять шахтні води з південної групи шахт. Наповнення ставка-накопичувача шахтними водами здійснюється по напірному трубопроводу діаметром 1200 мм.

Таблиця 3 Обсяги подачі шахтних вод в ставок-накопичувач

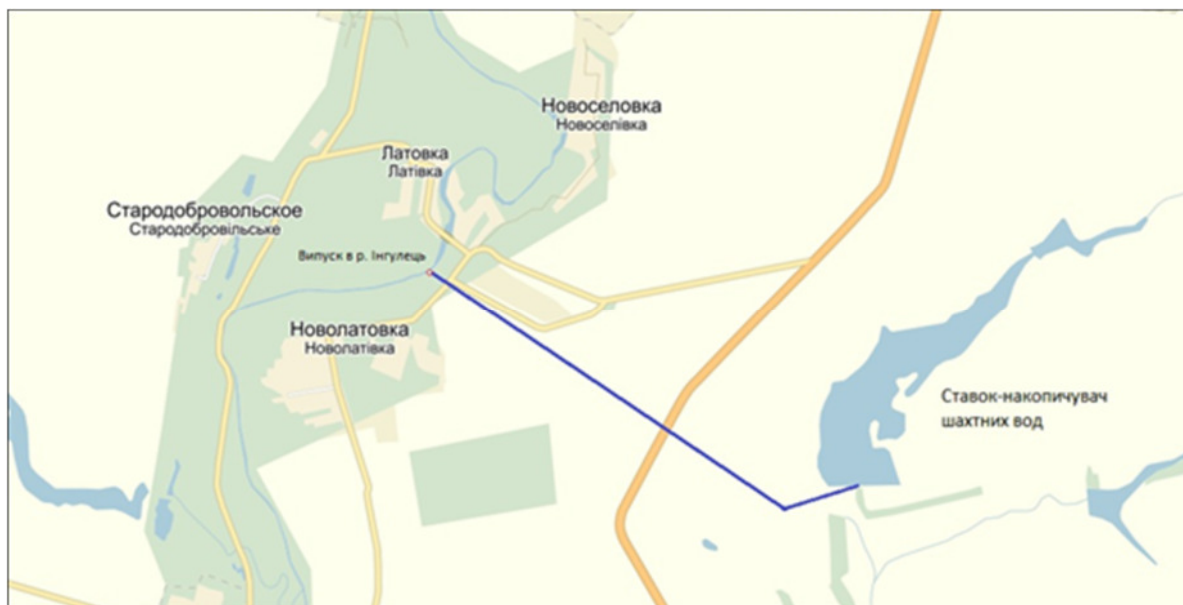
Роки	Обсяг шахтних вод, тис.м ³
2007	12281,5
2008	12781,7
2009	12815,0
2010	13595,8
2011	12767,4
2012	12263,5
2013	12755,9
2014	13065,5
2015	12886,9
2016	12554,1

Таблиця 4 Хімічний склад шахтних вод в ставку-накопичувачу

Роки	Компоненти, мг/л		
	Хлориди	Сульфати	Мінералізація
2007	19600	1300	36000
2008	19460	1249	38493
2009	20322	1392	37459
2010	19266	1308	39851
2011	20250	1365	41000
2012	21500	1400	41000
2013	20890	1390	41000
2014	20750	1370	38000
2015	20565	1395	38690
2016	20200	1370	38000

Відкачку шахтних вод на скид забезпечують дві плавучі насосні станції (НС1 та НС2) потужністю 0,9 м³/с кожна. Для дозування випуску шахтних вод в р. Інгулець насосні станції мають технічну можливість регулювати витрати скиду від 0,6 до 0,9 м³/с. Паралельний режим роботи насосних станцій може забезпечувати регульований скид шахтних вод в діапазоні від 0,6 до 1,7 м³/с. Скид надлишків зворотних вод з ставка-накопичувача в р. Інгулець здійснюється одним поверхневим зосередженим випуском, діаметром 1000 мм, який розташований на лівому березі р. Інгулець, нижче с. Латівка, на 302 км від її гирла (Малюнок 3).

Витрати встановлюються на спеціально обладнаних замірних вузлах на насосних станціях і контролюються водомірним пристроєм комерційного обліку. Відведення надлишків шахтних вод з ставка – накопичувача здійснюється згідно з індивідуальним регламентом скиду та відповідним розпорядженням Кабінету Міністрів України.



Малюнок 3 Схема траси водовипуску шахтних вод зі ставка-накопичувача

Динаміка обсягів скиду надлишків шахтних вод з ставка-накопичувача неведена в Таблиця 5 нижче.

Таблиця 5 Обсяги скиду надлишків шахтних вод з ставка-накопичувача

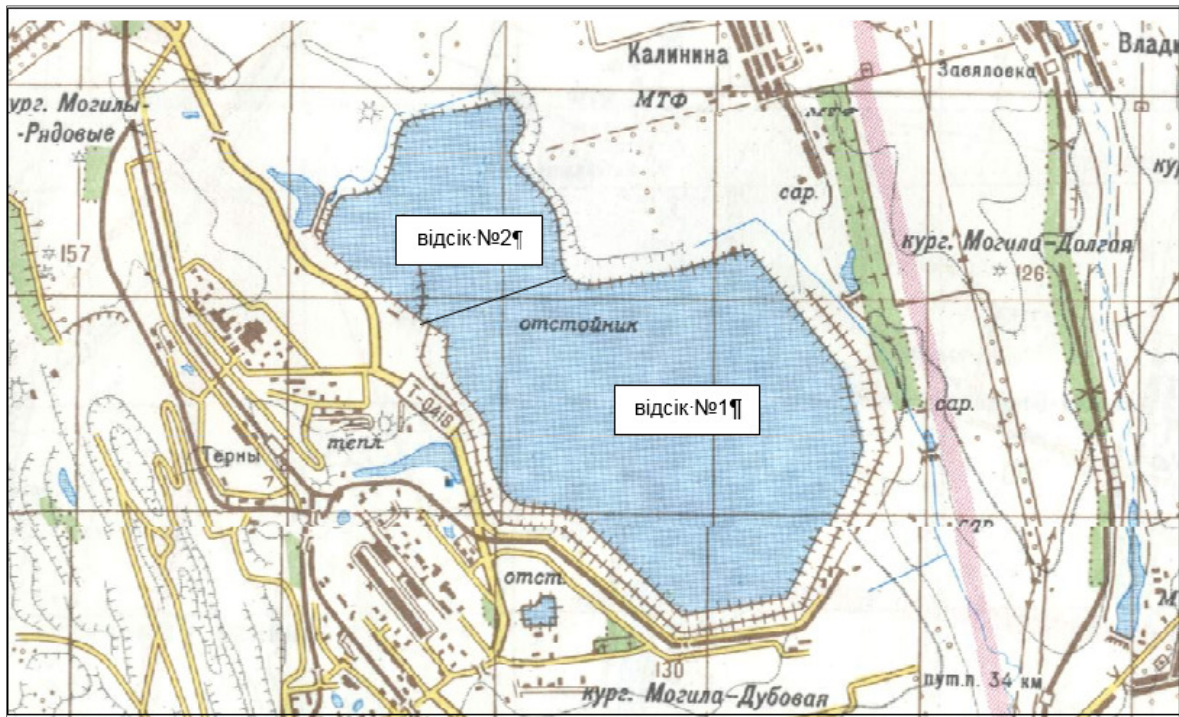
Міжвегетатійний період скиду (листопад-грудень)	Фактичний обсяг скиду, млн.м ³
2007-2008 рр.	11,000
2008-2009 рр.	11,708
2009-2010 рр.	11,195
2010-2011 рр.	11,100
2011-2012 рр.	10,874
2012-2013 рр.	9,950
2013-2014 рр.	9,420
2014-2015 рр.	10,188
2015-2016 рр.	9,836
2016-2017 рр.	9,596

Так як ставок-накопичувач і дотепер не введений в дію, визначити кінцевий термін його експлуатації не можливо. Подальша тривала експлуатація ставка-накопичувача в загальній системі відводу, акумуляції та скиду шахтних вод Кривбасу, за призначенням, вимагатиме

реконструкції насосного обладнання з будівництвом стаціонарної насосної станції та заміни скидного трубопроводу. Також залишиться актуальним питання поліпшення стану протифільтраційного екрану ложа ставка-накопичувача. Враховуючи масштаби і обсяги робіт, а також безперервність процесу перекачки і акумуляції шахтних вод, скоріш за все, на період виконання ремонтних та будівельних робіт, існуючий ставок-накопичувач необхідно буде виключити із загальної системи транспортування, акумуляції та скиду шахтних вод. Вирішення цього питання потребуватиме залучення альтернативної ємності для тимчасового накопичення та подальшого відведення шахтних вод Кривбасу.

2.10 СТАН ХВОСТОСХОВИЩА ПРАТ ПІВНГЗК

Хвостосховище приватного акціонерного товариства "Північний гірничо-збагачувальний комбінат" (далі ПРАТ «ПІВНГЗК») розташоване в північно-східній частині м. Кривий Ріг, на правому березі річки Саксагань, в межах балки Петрикова, яка входить в систему водозбору р. Саксагань (Малюнок 4).



Малюнок 4 План-схема хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК»

Хвостосховище ПРАТ «ПІВНГЗК» це складна гідротехнічна споруда, огорожена системою гребель і дамб, всередині яких розташовуються відходи рудозбагачення (хвости і вода). Існуюче хвостосховище є головною спорудою, що забезпечує основний технологічний процес - складування відходів збагачення руди. Тип хвостосховища за способом заповнення-навивне, за характером рельєфу-балкове. Початок експлуатації хвостосховища 1964 рік.

Технічна характеристика хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК»:

- об'єкт відноситься до I класу капітальності (CC1);
- відмітка гребня греблі проектна - 161,0 м;
- відмітка гребня греблі фактична - 157,0 - 161,0 м;
- довжина греблі по контуру - 16,5 км;
- висота греблі – 87,0 м.
- ширина греблі по гребню – 13,1-19,5 м.
- загальний проектний обсяг – 594,9 млн.м³;
- відмітка НПР (відсік №1) - 155,5 м;
- загальний обсяг (при НПР) – 594,9 млн.м³;
- корисна площа – 1293,0 Га;
- заскладовано хвостів – 577,5 млн.м³;

Хвостосховище створюється будівництвом дамб, що огорожують. Максимальна проектна відмітка нарощування греблі хвостосховища - 189,0 м. При сучасному рівні виробництва комбінатом 12 – 13 млн.т залізрудного концентрату на рік, прогнозний термін заповнення хвостосховища 2038 рік.

Хвостосховище складається з двох відсіків. Будівництво хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» здійснюється чергами, шляхом створенням двох суміжних відсіків (№1 та №2) з каскадним їх розташуванням в балці Петрикова. Перший відсік розташовується в верхів'ї балки та побудований для складування хвостів, загальною площею 980 га. Сучасна відмітка гребня першого відсіку -157,0 м. Другий відсік, площею близько 315 га, розташований нижче по тальвегу балки та використовується як ставок зворотного водопостачання. Постійна відмітка гребня другого відсіку -145,0 м. Чаша хвостосховища та ставок зворотного водопостачання використовуються в якості ємностей для тимчасової акумуляції зворотної води, з метою її освітлення та наступної подачі в систему зворотного водопостачання рудозбагачувальних фабрик комбінату.

Вода на хвостосховищі проходить замкнутий зворотний цикл, поступаючи в нього у вигляді пульпи (хвости і вода) зі збагачувальних фабрик. Пульпа розподіляється по картах наміву у відсіку №1. Після осідання хвостів, частково освітлена вода, перетікає у відсік №2, де вона досягає остаточного освітлюється і насосною станцією зворотного водопостачання знову подається на збагачувальну фабрику для подальшого використання в процесі рудозбагачення.

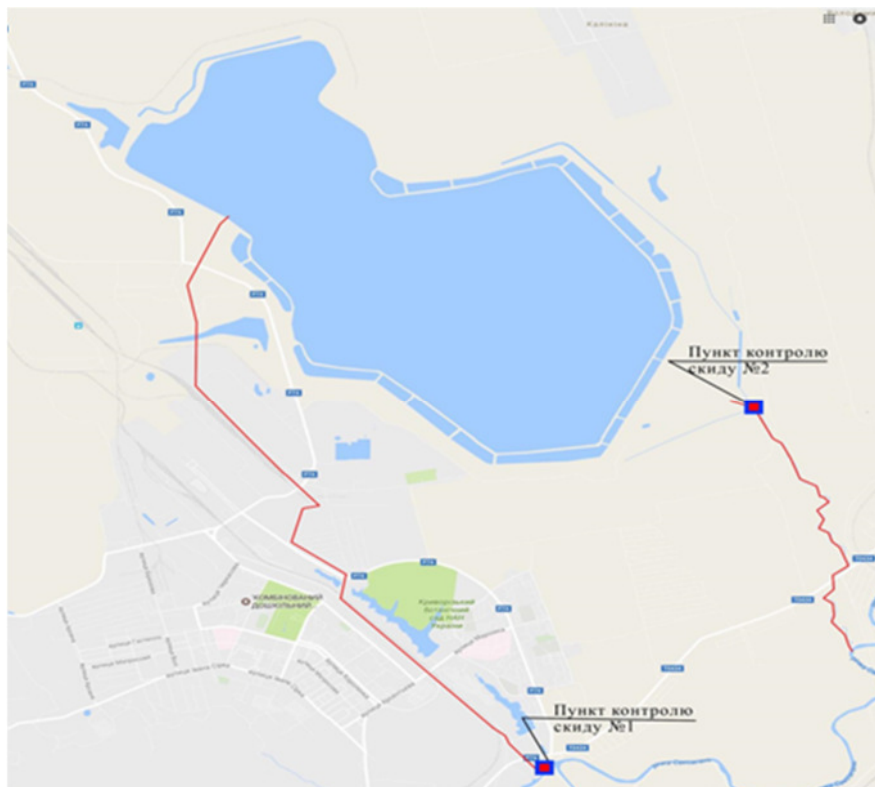
Для поповнення обсягів зворотних вод замкнутого циклу водопостачання комбінату в хвостосховище постійно подається кар'єрна вода Першотравневого і Ганнівського кар'єрів ПРАТ "ПІВНГЗК", а також шахтна вода з шахти «Першотравнева-Дренажна» ПРАТ «ПІВНГЗК» та північної групи шахт Кривбасу. Якість води демонструє Таблиця 6.

Таблиця 6 Хімічний склад зворотних вод в хвостосховищі

Компоненти, мг/л		
Хлориди	Сульфати	Мінералізація
8360	1835	17042

В мало водні роки, за потреби, обсяг зворотних вод комбінату може бути поповнений за рахунок залучення госппобутових стоків північної станції аерації очисних споруд м. Кривий Ріг та подачі річної води з р. Саксагань від берегової насосної станції комбінату.

За десятиріччя застосування діючої схеми поповнення втрат води в замкнутій системі зворотного водопостачання комбінату, в хвостосховищі, періодично, утворюється надлишок зворотних вод, який заважає подальшій розбудові і нарощуванні дамб, що огорожують. Крім того, надлишок зворотних вод, який накопичується в чаші хвостосховища, створює реальну загрозу розмиву і прориву існуючої греблі хвостосховища з витоком рідких відходів рудозбагачення за межі об'єкту. З метою уникнення аварійних ситуацій на об'єкті підвищеної техногенної небезпеки підприємство вимушено періодично застосовувати випереджувальні заходи зі скиду надлишків зворотних вод в річку Саксагань (Малюнок 5).



Малюнок 5 Схема водоводів та водовипуску з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК»

Скидання надлишків зворотних вод з хвостосховища в р. Саксагань здійснюється двома поверхневими зосередженими водовипусками діаметром 630 мм, що розташовані на правому березі р. Саксагань, відповідно на 48 та 50 км від її гирла, нижче за течією від села Сергіївка. Витрати (Таблиця 7) встановлюються і контролюються на спеціально обладнаних замірних вузлах.

Таблиця 7 Обсяги скиду надлишків вод з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК»

Міжвегетаційний період скиду (листопад-січень)	Фактичний обсяг скиду, млн.м³
2000-2001 рр.	11,690
2001-2002 рр.	9,346
2002-2003 рр.	5,425
2003-2004 рр.	3,362
2005-2006 рр.	2,500
2017-2018 рр.	5,040 (очікуваний)

Відведення надлишків зворотних вод з хвостосховища здійснюється згідно з індивідуальним регламентом скиду та відповідним розпорядженням Кабінету Міністрів України.

2.11 ЯКІСТЬ ВОДИ З ІСНУЮЧОЮ СИСТЕМОЮ

При виконанні аналізу були використані вихідні матеріали по державному контрольному гідропосту в с. Андріївка (Таблиця 9) надані Дніпропетровським обласним управлінням водних ресурсів. Для вирішення задач цього дослідження при виконанні в поточному році, були виділені наступні періоди:

1. період здійснення скиду надлишків шахтних вод в р. Інгулець (з 01.01. по 01.03. та з 01.11 по 31.12.);
2. період промивки (з 01.04. по 30.08.) коли здійснюється подача води по каналу «Дніпро-Інгулець»;
3. транзитний перепуск її практично через весь басейн р. Інгулець для промивки русла після скиду шахтних вод, а також забезпечення необхідної якості води в р. Інгулець, придатної для зрошення на Інгулецькій зрошувальній системі; а також
4. «стабілізаційний» період (з 01.03. по 01.04 та з 01.09 по 31.10.) коли відсутні скиди надлишків шахтних вод, не виконуються роботи з промивки русла та поліпшення якості води в р. Інгулець.

Саме в стабілізаційний період стік та якість води в р. Інгулець нижче м. Кривий Ріг формується за рахунок скиду води з постійно діючих водовипусків в р. Інгулець, притоку з р. Саксагань та стоку з водозбірної площі р. Інгулець (Таблиця 8).

Таблиця 8 Джерела можливого впливату на якість води в басейні р. Інгулець

Назва об'єкту	* Середні показники вмісту забруднюючих речовин. мг/л			Жорсткість, мг/екв. л
	Хлориди	Сульфати	Мінералізація	
Карачунівське водосховище р. Інгулець	105	409	1003	8,7
Саксаганське водосховище р. Саксагань	636	1015	2692	18,5
Хвостосховище	8310	1824	16839	78,7

Назва об'єкту	* Середні показники вмісту забруднюючих речовин. мг/л			Жорсткість, мг/екв. л
	Хлориди	Сульфати	Мінералізація	
ПРАТ «ПІВНГЗК»				
Північна станція аерації КОС	161	205	683	-
Обвідний канал	422	480	2087	-
Південна станція аерації КОС	493	433	2028	-
Ставок-накопичувач шахтних вод	20693	1382	39615	116,0
Канал «Дніпро-Інгулець»	26	29	230	3,6
Канал «Дніпро-Кривий Ріг»	35	61	322	4,0

Проаналізувавши дані по державному гідропосту в с. Андріївка, слід зауважити, що з спостережного ряду даних, які аналізувалися, кардинально виділяється 2010 рік. Поясненням цього факту можуть бути наступні причини. По перше в період здійснення скиду шахтних вод (з 01.01.2010р. по 01.03.2010р.) та наступний за ним стабілізаційний період (з 01.03.2010р. по 01.04.2010р.) виконувались перед повиньові спрацювання каскадів водосховищ на р.р Інгулець і Саксагань та проходив пік весняного водопілля на цих річках, що знайшло своє відображення в максимальних та середніх витратах води по гідропосту (пікові значення річкового стоку в період весіннього водопілля на рр. Саксагань та Інгулець відбуваються з періодичністю раз у 10-15 років). По друге в 2010 році промивка русла річки Інгулець здійснювалася по старій схемі. Вода для промивки подавалася з Карачунівського водосховища, в обсязі 60,0-61,0 млн. м³, виключно за рахунок власних резервів водосховища, без компенсації відповідного обсягу дніпровською водою по каналу «Дніпро-Інгулець». Враховуючи наявні фактичні обставини 2010 рік доцільно було б відокремити від спостережного ряду вихідних даних, оскільки він виявився досить не типовим, як по якості так і по режиму стоку для р. Інгулець.

Що стосується спостережного періоду 2011-2016 років то тут чітко просліджуються періоди:

- скиду надлишків шахтних вод з поступовим зростанням витрат води (мін.- 2,5 м³/с, макс. – 10,0 м³/с) вмісту хлоридів (мін.- 800 мг/л, макс.-4180 мг/л) і жорсткості (мін.- 17,0 мг/екв. л, макс.- 32,0 мг/екв. л);
- період промивки та поліпшення якості води в р. Інгулець з різким зростанням витрат води (мін.- 1,5 м³/с , макс. – 30,8 м³/с) та навпаки зниженням вмісту хлоридів (мін.- 180 мг/л, макс.-1200 мг/л) і жорсткості (мін.- 8,0 мг/екв. л, макс.- 22,0 мг/екв. л);
- «стабілізації» з незначними коливаннями витрат води (мін.- 1,8 м³/с , макс. – 8,4 м³/с) та поступовою стабілізацією вмісту хлоридів (мін.- 620 мг/л, макс.-2860 мг/л) і жорсткості (мін.- 14,0 мг/екв. л, макс.- 27,0 мг/екв. л) в залежності від того за яким саме періодом (скид чи промивка) настає період «стабілізації».

Середні показники по витратам, вмісту хлоридів та жорсткості також є своєрідними індикаторами кожного з виділених періодів і є досить чіткими орієнтирами, які притаманні певному процесу та стану водних ресурсів р. Інгулець.

Таблиця 9 Витрати та якість води в р. Інгулець на державному гідропосту в с. Андріївка¹

Період	Витрати, м³/с			Вміст хлоридів, мг/л			Жорсткість, мг/екв. л		
	Мін.	Макс.	Середн.	Мін.	Макс.	Середн.	Мін.	Макс.	Середн.
2010 рік									
скиду шв.	6,3	97,2	51,8	400	3420	1910	9	30	19,5
стабілізації	4,4	32,4	18,4	620	1000	810	10	19	14,5
промивки	4,1	21,9	13,0	260	800	530	11	18	14,5
стабілізації	3,1	5,6	4,35	780	1250	1015	15	22	18,5
скиду шв.	4,7	10,6	7,65	760	3200	1980	17	28	22,5
2011 рік									
скиду шв.	4,9	9,1	7,0	1900	3580	2740	22	30	26
стабілізації	4,3	6,9	5,6	840	1620	1230	17	23	20
промивки	3,2	30,8	17,0	240	1080	660	10	21	15,5
стабілізації	2,4	8,1	5,25	620	1230	925	15	26	20,5
скиду шв.	2,5	10,0	6,25	720	3380	2050	17	30	23,5
2012 рік									
скиду шв.	5,1	9,7	7,4	1500	3460	2480	19	27	23
стабілізації	5,1	8,4	6,75	670	1900	1285	15	19	17
промивки	2,0	21,7	11,85	200	1190	695	10	22	16
стабілізації	2,6	3,6	3,1	1160	1520	1340	21	26	23,5
скиду шв.	3,3	8,7	6,0	1100	4180	2640	20	32	26
2013 рік									
скиду шв.	4,8	7,8	6,3	2120	3780	2950	23	30	26,5
стабілізації	3,3	4,6	3,95	670	2490	1580	14	26	20
промивки	2,9	19,6	11,25	220	1020	620	8	20	14
стабілізації	2,6	3,3	2,95	960	1560	1260	15	27	21
скиду шв.	2,7	9,1	5,9	1210	4000	2605	23	30	26,5
2014 рік									
скиду шв.	6,0	9,4	7,7	2500	3600	3050	23	30	26,5
стабілізації	3,4	6,0	4,7	1000	2700	1850	17	24	20,5
промивки	1,5	18,0	9,75	180	1180	680	8	22	15
стабілізації	2,2	3,8	3,0	980	1420	1200	16	27	21,5
скиду шв.	2,9	9,1	6,0	1040	4000	1520	21	29	25
2015 рік									

¹ Джерело: Дніпропетровське обласне управління водних ресурсів

Період	Витрати, м³/с			Вміст хлоридів, мг/л			Жорсткість, мг/екв. л		
	Мін.	Макс.	Середн.	Мін.	Макс.	Середн.	Мін.	Макс.	Середн.
скиду шв.	4,1	7,5	5,8	2180	3900	3040	23	27	25
стабілізації	3,1	5,9	4,5	700	2660	1680	18	24	21
промивки	2,3	22,8	12,55	200	1200	700	9	17	13
стабілізації	1,8	3,3	2,55	1200	1640	1420	16	24	20
скиду шв.	2,7	7,8	5,25	1020	2180	1600	18	26	22
2016 рік									
скиду шв.	6,9	9,1	8,0	2000	3580	2790	23	31	27
стабілізації	4,1	7,2	5,65	720	2860	1790	19	27	23
промивки	3,1	19,1	11,1	220	1000	610	10	22	16
стабілізації	3,1	9,1	6,1	940	1200	1070	18	27	22,5
скиду шв.	3,8	8,4	6,1	800	3420	2110	24	29	26,5

Підсумовуючи вище викладене, слід зазначити, що при реалізації діючої останнім часом системи скиду надлишків шахтних вод в р. Інгулець та промивки русла з забезпеченням необхідної якості зрошувальної води в нижній течії, водні ресурси річки Інгулець протягом року зазнають істотної зміни якості води (від солонуватих до прісних). Різкі коливання рівнів витрат води з короткими «стабілізаційними» періодами також можуть характеризувати цей водний потік, як досить нестабільний та скачко подібний, що в цілому не характерно для рівнинних річок і вочевидь є результатом докорінних змін яких зазнав басейн р. Інгулець в цілому.

2.12 ВПЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Аналіз екологічного стану басейну р. Інгулець в межах міста Кривого Рогу та нижче за течією, аж до впадання в Дніпро був проведений в 1994-2001 роках Інститутом гідробіології НАН України та Національним аграрним університетом. У цьому розділі використовуються дані, отримані в результаті цих досліджень.

2.12.1 ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ В ВОДОЙМАХ БАСЕЙНУ Р. ІНГУЛЕЦЬ

Відомо, що пріоритетними хімічними речовинами, які суттєво впливають на водний біоценоз (рослинний і тваринний світ) є загальна мінералізація води, концентрації хлоридів і сульфатів. Саме їх підвищення вище фонових значень впливає на видовий склад і біомасу водних біоценозів.

Дослідженнями встановлено, що склад основних іонів водного середовища Карачунівського водосховища і низин Інгульця істотно відрізняється як в період скидання, так і в стабілізаційний період. Так, в стабілізаційний, літній період, вміст хлоридів і сульфатів коливається в межах 137,4 - 980,9 мг/л і 493,0 - 784,0 мг/л. У пониззі Інгульця їх концентрації в десятки разів менше 27,0 і 61,6 мг/л відповідно. У р. Саксагань в цей же період вміст хлоридів становила 500 мг/л, а сульфатів 991,8 мг/л. У період скидання ШВ, ці показники в р. Інгулець істотно зростали. В районі с. Широке концентрації хлоридів становили 2500 мг/л, а сульфатів 741,8 мг/л. Загальна мінералізація в період скидання ШВ становила в районі сіл Широке, Латовка, Могиловка 6000 - 8000 мг/л, а в весняний період 1400 - 3000 мг/л. У

весняний період промивання р. Інгулець прісною водою вміст хлоридів і сульфатів різко падав і становило по хлоридам 130 - 800 мг/л, а по сульфатів 500 – 900 мг/л і наближалось до їх змісту в Карачунівському водосховищі.

Вміст органічних речовин за показниками біхроматної і перманганатної окислювальності за періодами скидання (зимовий період) і періодом стабілізації після промивання так само коливалось, але в значно менших амплітудах, ніж мінеральних речовин, приблизно в 1,2-1,5 рази.

Таким чином, в період скидання багатомінералізованих ШВ, вода в р. Інгулець істотно переповнена хлоридами, сульфатами, нітратами, нітритами, поруч важких металів та іншими забруднюючими речовинами. Слід зазначити, що в результаті промивання Інгульця прісною водою гідрохімічна ситуація і якість води в р. Інгулець значно поліпшується. Однак, різкі перепади вмісту цих речовин протягом одного року негативно впливають на розвиток і продуктивність флори і фауни цих водойм.

2.12.2 ЗМІНА ЗМІСТУ ФІТОПЛАНКТОНУ, ЗООПЛАНКТОНУ І ЗООБЕНТОСУ

У літній стабілізаційний період спостерігається зниження чисельності видів фітопланктону в р. Інгулець від 50 видів в Карачунівському водосховищі і до 39 видів нижче за течією. Так само змінювалася і біомаса фітопланктону від 40,4 г/м³ в районі села Латовка до 8,3 г/м³ в районі м Снігурівка, тобто практично в 5 разів. Це свідчить про істотне зниження темпів розмноження і продуктивності фітопланктону вниз за течією.

Видовий склад фітопланктону в р. Саксагань так само знижувався вниз за течією від с. Сергіївка (46 видів) до с. Веселі Терни (31 вид).

Кількість видів зоопланктону в р. Інгулець змінюється вниз за течією, практично, в 2 рази від 15 - 17 видів у с. Латовка і с. Шестерня до 9 видів біля м Снігурівка. Видове різноманіття зоопланктону в р. Саксагань на ділянках біля сіл Сергіївка і Веселі Терни коливалось в межах від 11 до 15 видів.

Дослідження зообентосу в річках Інгулець і Саксагань в літній період показує, що донна фауна практично на всіх ділянках представлена вкрай обмеженою чисельністю видів безхребетних, толерантних до забруднення води органічними речовинами господарсько-побутового або сільськогосподарського походження. Більш-менш сприятливі умови для розвитку донної фауни існують на ділянці р. Інгулець між с. Снегір'євка і Нікольським лиманом.

Дані результати підтверджують, що нестабільність хімічного складу води в різних ділянках призводить до зниження видового різноманіття навіть в літній, найбільш сприятливий період.

У зимовий період, під час скидання ШВ, видовий склад фітопланктону в р. Інгулець зменшувався вниз за течією з 20 видів (Карачунівське водосховище) до 16 видів (с. Широке) і до 6-8 видів біля м Снігурівка і Нікольському лимані. Біомаса водоростей в цей період була нестабільною в напрямку вниз за течією Інгульця. У Карачунівському водосховищі і у с. Широке вона становила 1,5 г/м³ і 1,8 г/м³ відповідно. Поблизу с. Шестерня 11,3 г/м³, а біля м

Снігурівка знову падала до 3,7 г/м³. У нижній частині русла Дніпра та Нікольському лимані біомаса фітопланктону так само була досить низькою 4,7 г/м³ і 1,8 г/м³ відповідно.

Видовий склад зоопланктону в цей період був вкрай низьким, природно низькою була і біомаса.

Найбільш сильно позначався скидання ШВ в цей період на представників зообентосу. Були знайдені тільки окремі екземпляри олигохет біля с. Широке і молюсків біля сіл Шестерня і Латовка.

Таким чином, планктонні і донні організми піддаються сильному негативному впливу ШВ, що позначається на зниженні їх чисельності, біомаси і видовому розмаїтті.

У весняний період промивання р. Інгулець прісною водою з Карачунівського водосховища фітопланктон водосховища був представлений 23 видами водоростей при біомасі 0,9 г/м³, але вже у с. Латовка чисельність видів зросла до 57, тобто більше ніж у 2 рази. Біомаса збільшилася до 45,1 г/м³ тобто більше ніж у 45 разів. Цей показник у с. Латовка був найвищим у порівнянні з усіма іншими ділянками Інгульця. У Нікольському лимані зареєстровано 31 вид водоростей.

Так само збільшився і видовий склад і чисельність зоопланктону від 20 до 31 виду на різних ділянках річки Інгулець.

Видовий склад зообентосу (донна фауна) річки Інгулець у весняний період відрізнявся дуже малим різноманітністю і був представлений всього 15 видами. При цьому чисельність і біомаса значно коливалися від 350 екз/м³ і 12,44 екз/м³ в Карачунівському водосховищі до 150 екз/м³ і 0,9 екз/м³ біля с. Латовка.

У той же час слід зазначити, що під час весняної промивки більшість видів зообентосу збільшують свою чисельність і біомасу в порівнянні із зимовим періодом.

Більшість прісноводних кормових організмів пристосовується до помірного підвищення солоності (до 3-5 г/л) за умови її сталості.

2.12.3 СТАН ІХТІОФАУНИ В РІЧКАХ ІНГУЛЕЦЬ І САКСАГАНЬ

В даний час видовий склад риб в цих річках формується під сильним антропогенним впливом: забруднення водойм скидами промислових підприємств, зарегулюванням стоку малими водосховищами, що змінило гідрологію цих річок, практично припинилося доступ в середню і верхню течії цих річок прісноводних і солоноватоводних видів риб з низин Інгульця.

Істотний вплив на видову різноманітність риб надає і скидання багатокомінералізованих ШВ в зимовий період.

У той же час, іхтіофауна частково поповнюється за рахунок надходження води з каналу Дніпро-Інгулець.

У літній, стабілізаційний період в річках Інгулець і Саксагань було виявлено 33 види риб (28 видів в Інгульці та 21 вид в Саксагані). При цьому видовий склад збільшувався вниз за течією Інгульця від 8 видів в Карачунівському водосховищі і у села Лятовка до 13-14 видів у сіл Широке та Шестерня і до 17 видів у м Снігурівка і Нікольському лиман. У р. Саксагань чисельність видів в цей період становила 8-11.

У зимовий період скидання ШВ чисельність видів риб в р. Інгулець зменшилася до 21 го виду.

У весняний період промивання видовий склад іхтіофауни зменшився до 20-ти видів. При цьому, як і в стабілізаційний період, чисельність видів збільшувалася вниз за течією Інгульця від 3 видів в Карачунівському водосховищі до 6 видів у сіл Лятовка і Широке і до 8 видів поблизу с Шестерня і до 11 видів у м Снігурівка і Нікольському лимані.

Таким чином, нестабільність мінералізації води в річці Інгульці в різні періоди року (скидання ШВ взимку, промивка навесні, стабільний річний період) є основною причиною низької чисельності видів іхтіофауни. При цьому більшість видів є «бур'яними», тобто малопродуктивними, непромисловими, представленими евригалінними видами, тобто такими, які можуть мешкати як в прісній воді, так і в воді невеликої підвищеної мінералізації.

Вченими-гідробіології були проведені не тільки натурні, а й експериментальні дослідження для з'ясування пристосування організмів водних біоценозів до підвищення солоності. Було встановлено, що критичної солоністю для річкових прісноводних організмів різних видів є солоність в межах 3-5 г/л, за умови її сталості. В цьому випадку, складається стійке високопродуктивний водний біоценоз з високим видовим розмаїттям. Різкі коливання солоності протягом різних сезонів року викликають істотну деструкцію водного біоценозу, зниження чисельності і різноманітності видів і біопродуктивності біоценозу.

2.12.4 ВПЛИВ СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА

Незважаючи на позитивні результати багаторічних моніторингових спостережень не можна повністю виключити ризик негативного впливу ставка-накопичувача на навколишнє середовище, в першу чергу на підземні води. Висока небезпека аварійної ситуації обумовлена досить великою ймовірністю тектонічних зрушень по Криворізько-Кременчуцькому і зв'язаних з ним розломів. Цей розлом охоплює і Криворізький басейн.

Про вплив сучасних тектонічних зрушень в місці безпосереднього розташування ставка-накопичувача у балці Свистунова свідчить те, що трохи більше 10 років тому трапився катастрофічний витік води зі ставка-накопичувача, коли, практично за одну добу, в підземні горизонти пішло понад 6 млн м³ високомінералізованих шахтних вод. У цьому ж районі спостерігаються зсуви відвалів і бортів Інгулецького ГЗК, прояв ознак розвитку карсту в районі селища Рошманові, активізація зсувних явищ на берегових схилах р. Інгулець в районі с. Новоселівка. Не можна повністю виключити і більш масштабні тектонічні коливання і зрушення, які можуть викликати і часткове руйнування дамби, що призведе до витoku високомінералізованих вод на прилеглу територію і затоплення цими водами сотень гектарів земель.

Негативного впливу ставка-накопичувача на мікроклімат сельбищної території Кривого Рогу не спостерігається, в зв'язку з достатньою віддаленістю останньої і низьким коефіцієнтом випаровування, обумовленим високою мінералізацією шахтних вод. Так само, відсутній фактор пиління, який як правило спостерігається на хвостосховищах відходів збагачення залізних руд.

Вплив скидання шахтних вод в сучасному варіанті скиду надає досить великий негативний вплив на якісний і кількісний склад біоценозу річки Інгульця. Обумовлено це перш за все різкими, стрибкоподібними змінами загальної мінералізації та концентраціями основних речовин - хлоридів, сульфатів, нітратів та інших хімічних компонентів важливих для обміну речовин водних організмів.

Таким чином негативний вплив на екологічну ситуацію в басейні річки Інгулець надає не стільки ставок-накопичувач шахтних вод в балці Свистунова, скільки нерегулярний скидання високомінералізованих шахтних і викликані ним різкі коливання солоності в річці протягом року.

2.13 ВИТРАТИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ

Поточні витрати на експлуатацію існуючої системи відводу, використання, акумуляції та скиду надлишків шахтних вод Кривбасу складаються з витрат державних підприємств, які надають послуги з транспортування шахтних вод, їх тимчасової акумуляції, скиду надлишків, подачі води для розбавлення шахтних вод під час їх скиду та промивки річок Інгулець і Саксагань, після скиду, а також витрат ПРАТ «ПІВНГЗК» за прийом нестандартних вод в свій зворотний цикл. Всі поточні витрати на експлуатацію існуючої системи, на договірних умовах, сплачують гірничорудні підприємства Кривбасу з підземного видобутку залізорудної сировини (шахти). Систему відводу шахтних вод Кривбасу експлуатує державне промислове підприємство «Кривбаспромводопостачання» (далі ДПП «КПВП»). Діючий на сьогодні тариф на перекачку 1 м³ шахтних вод складає 1,40 грн. разом з ПДВ, який включає витрати підприємства на обслуговування та експлуатацію трубопроводів та насосних станцій перекачки шахтних вод. Таблиця 10 демонструє витрати на експлуатацію системи перекачки шахтних вод з урахуванням витрат на ліквідацію аварійних ситуацій.

За 50 років експлуатації система відводу шахтних вод тричі амортизувала себе. Однак за цей період система відводу шахтних вод, яка перебуває у державній власності, не зазнала жодної масштабної реконструкції чи перебудови. За таких обставин останні роки система експлуатується практично в аварійному режимі і на сьогодні ДПП «КПВС» ставиться питання підняття тарифу на перекачку 1 м³ шахтних вод щонайменше в 5 разів для підтримки системи в робочому стані та ліквідації постійно виникаючих аварійних ситуацій на трубопроводах.

Таблиця 10 Витрати на експлуатацію системи перекачки шахтних вод

Роки	Обсяг перекачки, тис.м ³	Фактичні витрати на експлуатацію системи, тис.грн.
2014	17238,0	17197,6

Роки	Обсяг перекачки, тис.м ³	Фактичні витрати на експлуатацію системи, тис.грн.
2015	16700,6	19567,2
2016	16178,3	18239,8

Хвостосховище ПРАТ «ПІВНГЗК» експлуатує Північний гірничо-збагачувальний комбінат. Комбінат, на договірних умовах, утримує з північної групи шахт плату (Таблиця 11) за прийом нестандартних високомінералізованих шахтних вод в замкнутий цикл зворотного водопостачання комбінату.

Таблиця 11 Витрати на утилізацію шахтних вод в хвостосховищі ПРАТ «ПІВНГЗК»

Роки	Обсяг подачі шв в хвостосховище, тис.м ³	Витрати шахт на утилізацію шв в хвостосховищі, тис.грн.
2012	3481,7	1300,0
2013	3978,3	1500,0
2014	3901,8	2800,0
2015	3474,0	2500,0
2016	3061,2	2500,0

Ставок-накопичувач шахтних вод в б. Свистунова експлуатує державне підприємство "Кривбасшахтозакриття" (далі ДП "Кривбасшахтозакриття"). ДП "Кривбасшахтозакриття" та надає послуги з тимчасової акумуляції надлишків шахтних вод в ставку-накопичувачу та скиду надлишків шахтних вод в р. Інгулець, за наявності відповідного дозволу. Таблиця 12 демонструє річні витрати ДП "Кривбасшахтозакриття" на утримання ставка-накопичува шахтних вод.

Таблиця 12 Витрати на утримання ставка-накопичува

Роки	Витрати, тис.грн.
2012	8296,0
2013	8732,0
2014	9365,0
2015	9457,0
2016	10872,0

Подача дніпровської води для забезпечення розбавлення шахтних вод під час їх скиду та здійснення промивки р. Інгулець після скиду здійснює державна організація управління каналу «Дніпро-Інгулець». Таблиця 13 демонструє витрати на подачу води по каналу «Дніпро - Інгулець»

Таблиця 13 Витрати на подачу води по каналу «Дніпро - Інгулець»

Роки	Вартість подачі 1м ³ , грн.	Обсяг подачі, млн. м ³	Вартість подачі, млн. грн.
2012	0,354	100,0	35,400
2013	0,381	107,0	40,768
2014	0,396	103,5	40,986
2015	0,486	108,0	50,544
2016	0,636	108,0	69,688

Також гірничорудні підприємства (шахти) сплачують екологічний податок (Таблиця 14) за скид забруднюючих речовин в р. Інгулець, разом з шахтними водами, який здійснювався з ставка-накопичувача шахтних вод в балці Свистунова.

Таблиця 14 Екологічні платежі за скид забруднюючих речовин

Роки	Сплата екологічного податку за скид забруднюючих речовин, тис.грн.				
	ПАТ «Кривбасзалізрудком»	ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	ПРАТ «ЦГЗК»	ПРАТ «ЄВРАЗ СУХА БАЛКА»	Разом
2012	2790,5	628,0	-	114,0	3532,5
2013	4080,9	704,8	287,1	234,4	5307,2
2014	5810,2	718,5	1217,4	232,3	7978,4
2015	6900,2	874,6	727,5	260,5	8762,8
2016	7993,2	1122,4	968,8	852,9	10937,3

Зведенні витрати (північ, південь) гірничорудних підприємств (шахт) на експлуатацію існуючої системи за 2014-2016 рр та їх розподілення по видам витрат наведені в Таблиця 15.

Таблиця 15 Сумарні витрати на експлуатацію існуючої системи

Роки	Витрати, тис. грн.								
	Перекачка шахтних вод	%	Тимчасова акумуляція і скид (північ, південь)	%	Подача води для розбав- лення та промивки	%	Екологічний податок	%	Разом витрат
2014	17197,6	22	12165,0	16	40986,0	52	7978,4	10	78327,0
2015	19567,2	21	11957,0	13	50544,0	56	8762,8	10	90831,0
2016	18239,8	16	13372,0	12	69688,0	62	10937,3	10	112237,1

Таким чином, станом на 2016 рік, експлуатація діючої системи коштує близько 112,24 млн. гривень.

Аналізуючи наявні данні щодо витрат шахт на поточну експлуатацію діючої системи відводу, використання, акумуляції та скиду надлишків шахтних вод Кривбасу, слід відмітити чітку

тенденцію зростання щорічних витрат шахт на вирішення питання їх «утилізації» шляхом часткового використання в замкнутих циклах зворотного водопостачання на гірничозбагачувальних комбінатах або скиду надлишків в річки Саксагань та Інгулець.

Також, зважаючи на тривалий термін експлуатації діючої системи (понад 50 років), слід виходити з того, що для забезпечення подальшого сталого функціонування існуючої системи за призначенням необхідно буде вжити невідкладних дієвих заходів з «реанімації» існуючої системи або розбудові нової системи з врахуванням результатів отриманих при розробці даного дослідження.

3 ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ (A1)

Основною метою оптимізації існуючої системи акумуляції та скиду шахтних вод є покращення якості води в річці Інгулець. Вимоги до якості води регулюються чинним законодавством України (ВНД-33-5.5-02-97 та ДСТУ 2730:2015) для водовипусків та водозаборів. На річці, нижче Карачунівського водосховища, існує лише тимчасовий водозабір (весна - літо) для зрошення. Таким чином, цільова якість води цей період встановлюється відповідно до потреб зрошення. В решту часу якість у річці Інгулець не повинна перевищувати фонових концентрацій забруднюючих речовин, коли відсутня подача води з Карачуновського водосховища для розбавлення та промивки (вересень – листопад). Відповідно, після аналізу національного законодавства та узгодження з експертами Робочої Групи, встановлені насупні концентрації основних забруднюючих речовин (Таблиця 16).

Таблиця 16 Цільова якість води в р. Інгулець

	Хлориди (мг/л)	Мінералізація (мг/л)
Період зрошення (1.03 - 31.08)	350	1500
Період скиду шахтних вод (01.09 - 28.02)	1500	4500

Виходячи з цього, ДМТ бачить наступні варіанти оптимізації існуючої системи акумуляції та скиду шахтних вод:

- Постійний скид на протязі року;
- Періодичний скид на протязі року в період, коли відсутня потреба у воді на зрошення.

Проблема, пов'язана з солоністю води в Кривому Розі, є дуже складною. На неї впливає багато чинників і її стан в значній мірі залежить від часу (нестабільна). Прості усталені сценарії, наприклад, ступінь розбавлення взимку, можуть оцінюватися «вручну» (наприклад, з використанням MS EXCEL). Проте реальна ситуація в останні роки є нестабільною, та існує багато різних джерел сольового навантаження – іноді прихованих витоків ґрунтових вод та фільтраційних втрат з хвостосховищ, відвалів, ставків зворотного водопостачання та ставка-накопичувача шахтних вод. В якості сучасного інструменту оцінки, планування й управління питаннями, пов'язаними з управлінням водокористуванням в подібних обставинах, використовуються моделі ґрунтових вод і масопередачі.

3.1 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВАРІАНТІВ

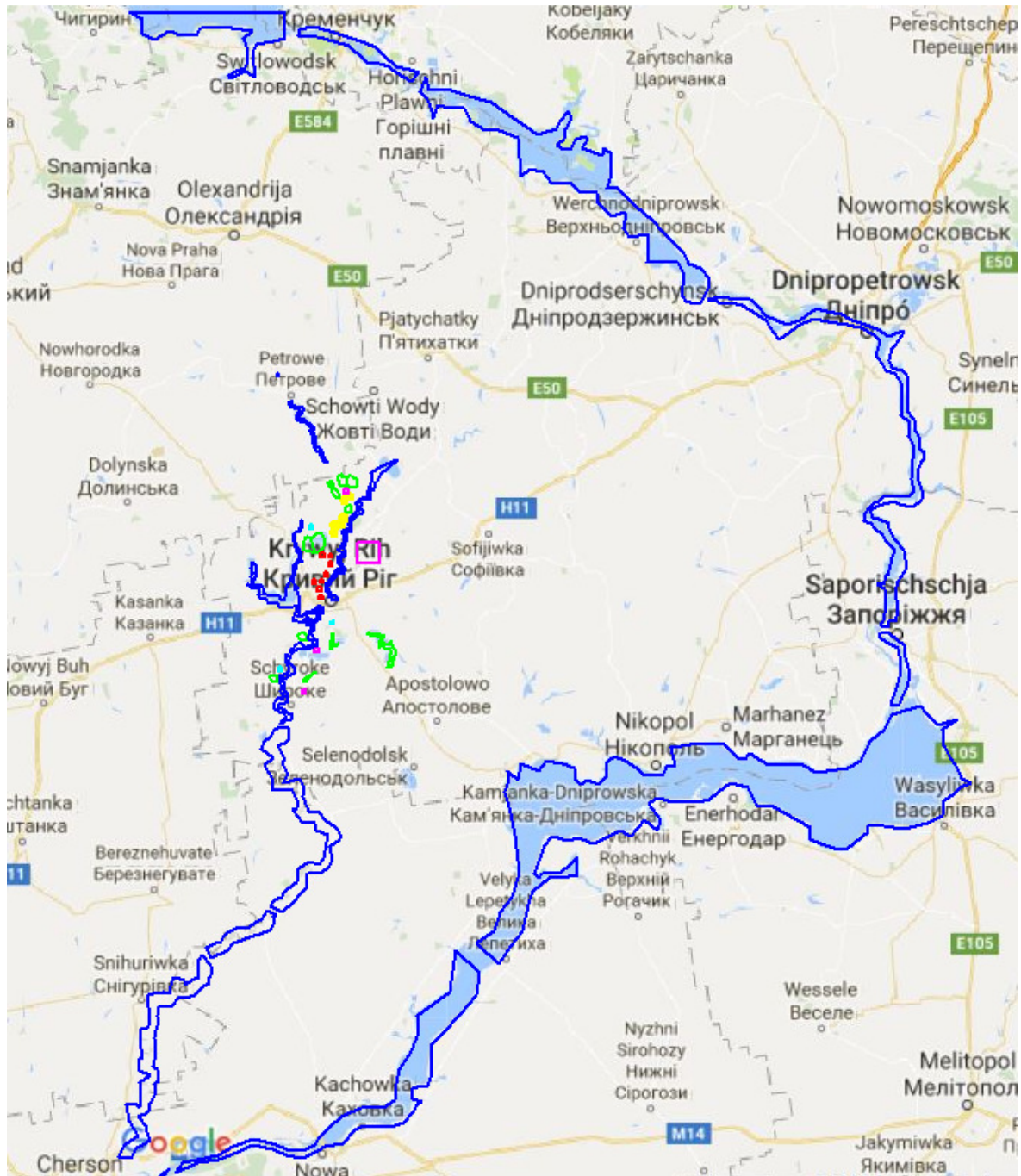
ДМТ працює з моделю багаторічної власної розробки «Boxmodel». Це програмне забезпечення використовується для вирішення багатьох проблем, пов'язаних з ґрунтовими, поверхневими і шахтними водами в Германії, Європі та по всьому світі. Особливою характеристикою програмного забезпечення є його висока гнучкість в дискретизації для адаптації моделі до шахтних полів, водозбірних басейнів, річок і т. і. В моделі, розробленій в рамках цього проекту для Кривбасу, використовуються наступні окремі балансові одиниці:

- Шахти;
- Озера / ставки / водні об'єкти; та
- Контролі створи на річках.

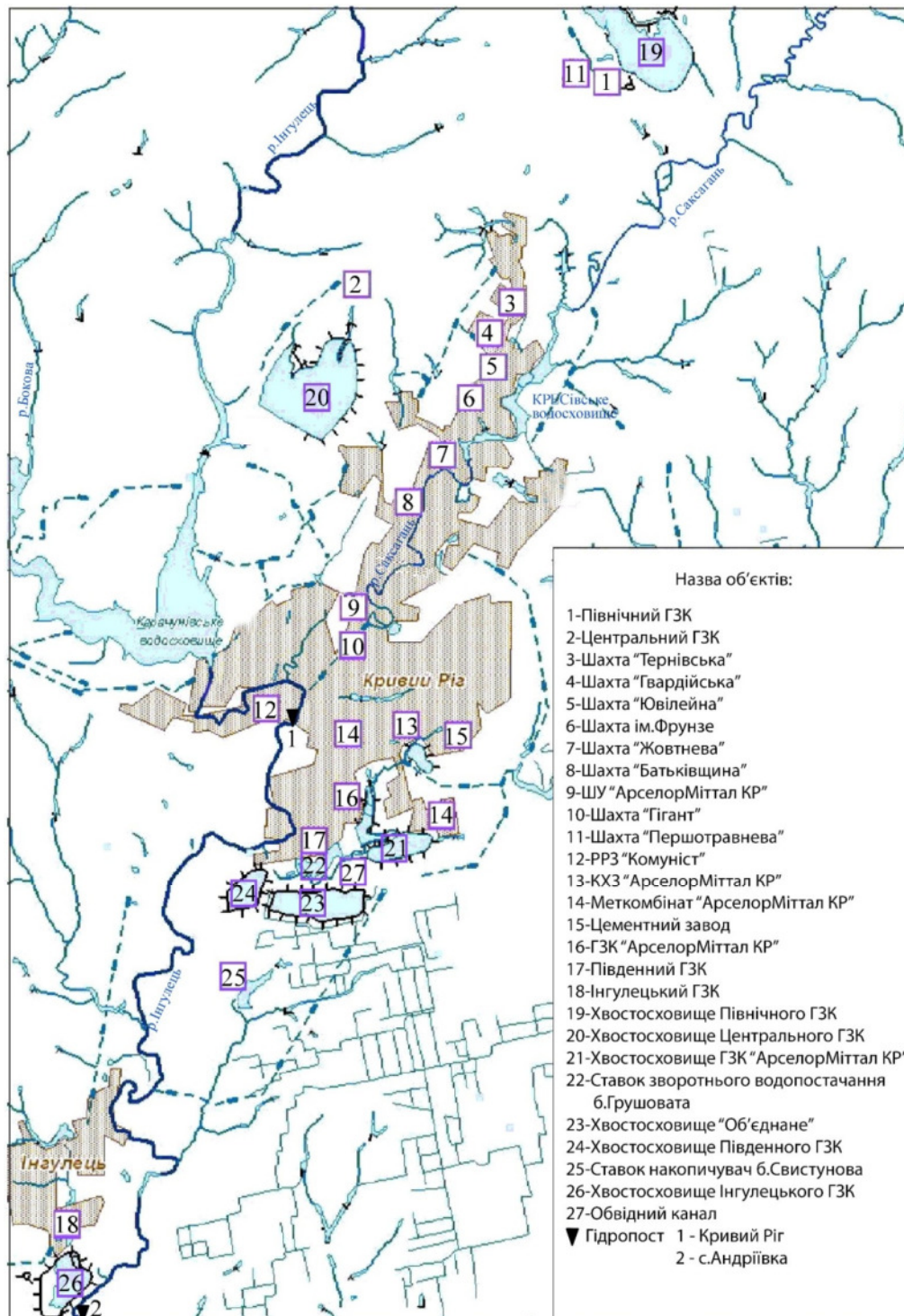
Модель є перехідною у часі, вона враховує щоденні зміни в швидкості відкачування, міри зберігання і щорічний цикл відливів / приливів (літо - зима) в річках і поповнення ґрунтовими водами.

Фактична модель ДМТ для Криворізької системи управління водопостачанням складається з 64 балансових одиниць (блоків), в тому числі й річка Дніпро. Малюнок 6 нижче демонструє всю область моделі, а Малюнок 7 найважливіші частини області моделі для Кривого Рогу.

Гідравлічні зв'язки в моделі, в основному, отримані з блок-схеми системи управління водокористуванням. Вони були детально описані і підтверджені на декількох зустрічах з операторами системи на місцях. Детальний опис окремих важливих об'єктів (і контрольних створів) дає Малюнок 7 нижче.

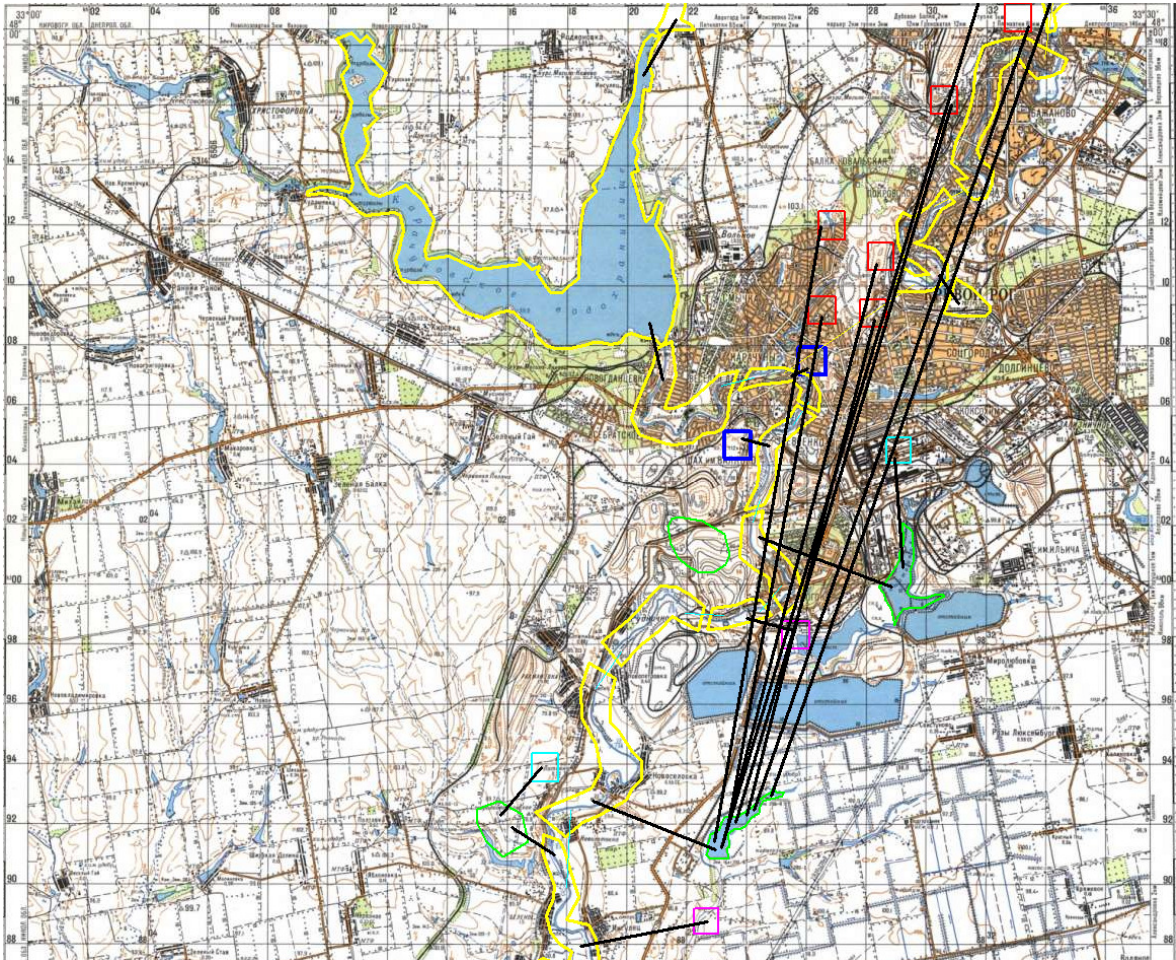


Малюнок 6 Область моделювання з блоками



Малюнок 7 Розташування й опис визначальних для моделювання об'єктів

На схемі нижче (Малюнок 8) гідравлічні зв'язки між окремими об'єктами, які скидають воду у ставок-накопичувач Свистунова, показані спрощено прямими лініями, прокладених між пов'язаними об'єктами.

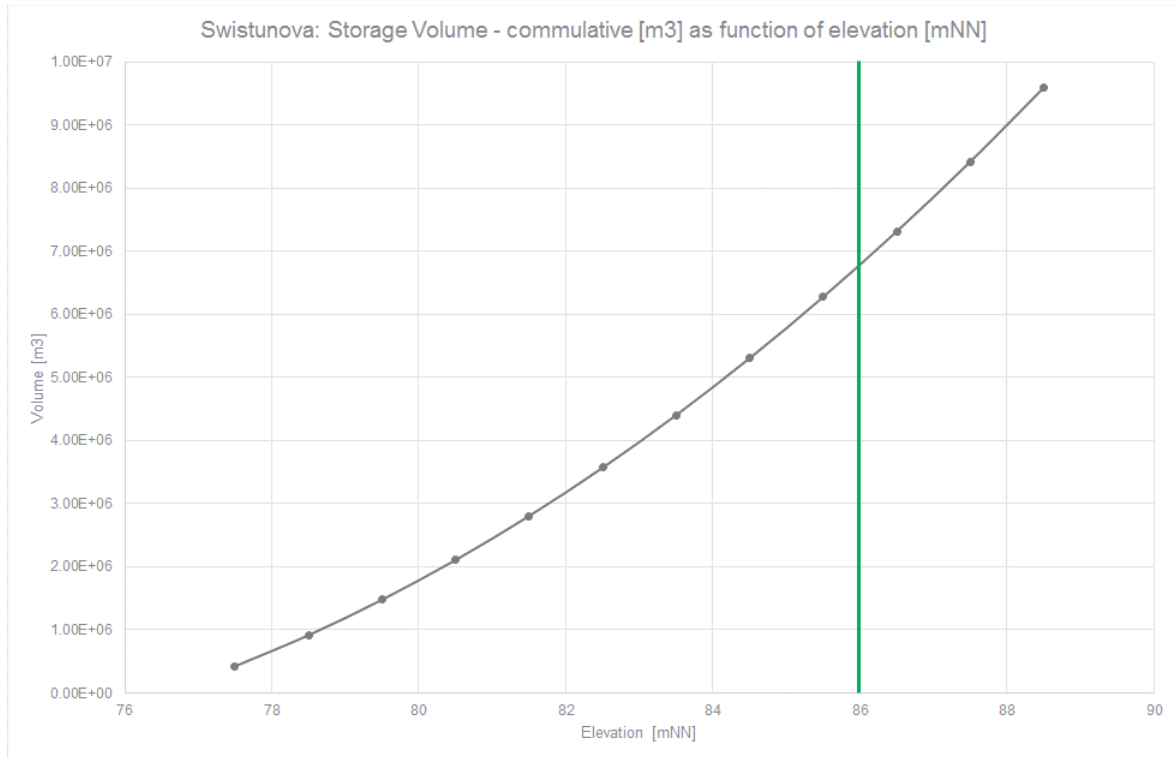


Малюнок 8 Центральна область моделювання – важливі гідравлічні зв'язки (південь)

На схемі з моделі нижче (Малюнок 9) червоні області містять всі потоки, скеровані у південному напрямку до ставка-накопичувача б. Свистунова, а жовті області позначають потоки води у напрямку північного водосховища-накопичувача. Світло-сині лінії відображають з'єднання з річкою Дніпро: канал Дніпро – Інгулець й канал Дніпро – Кривий Ріг. На даний час Дніпро – Кривий Ріг канал використовується в основному для постачання води в місто Кривий Ріг (відображено у формі великого рожевого квадрату). Стічні води повертаються в східному напрямку в річку Дніпро.

Ємності водних об'єктів і ставків оцінюються або приймаються на основі даних при системі управління водопостачанням та шахтними водами, які збираються на об'єкті (в разі потреби). Проте для ставка-накопичувача б. Свистунова ємність моделюється на більшому рівні деталізації (Рисунок X), виходячи з кінчної форми і фактичного нижнього і верхнього

(перетік) рівнів. Це необхідно для розрахунку зміни водяного столу в зимній і літній сезони, і для урахування реального резерву води для зберігання. До рівня 86 м НН ставок-накопичувач має ізоляцію – планова ємність накопичувача. Таким чином, на рівні 86.6 м НН водосховище досягає максимально можливої ємності (Малюнок 10).



Малюнок 10 Об'єм ставка-накопичувача Свиштунова балка як функція висоти над рівнем моря

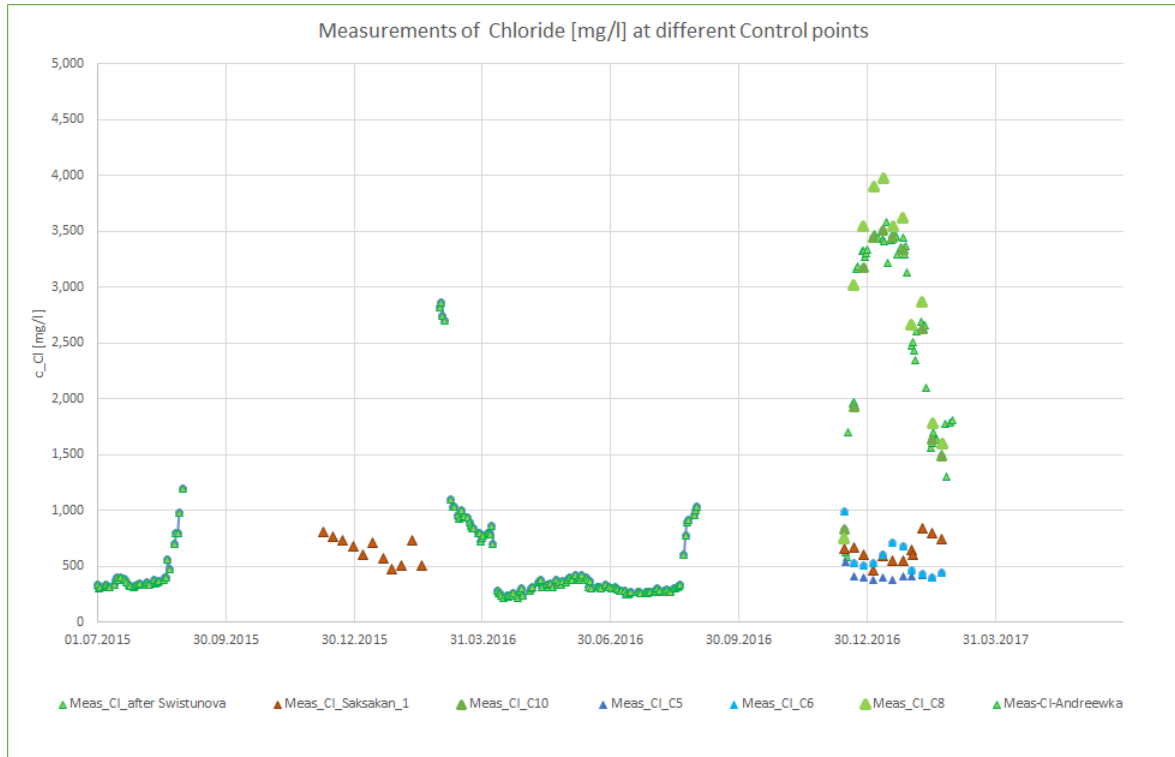
3.1.1 ЯКІСТЬ ВОДИ

Детальні сезонні вимірювання якості води виконуються для входу/виходу зі ставка-накопичувача Свиштунова балка і деяких точок контролю в річках (річка Інгулець і нижче за течією річки Саксагань). Результати відносяться до періоду скиду взимку. Для Карачунівського водосховища, витоків з шахт та якості води в річці Дніпро доступні середньорічні й орієнтовні показники. Наявні результати визначення хімічного складу води показані на схемі нижче (Малюнок 11) для хлоридів, сульфатів і загальної мінералізації у формі окремих трикутників.

ДМТ використовувались наступні кольори, приведені в якості прикладу для хлоридів на схемі нижче:

- зелений: річка Інгулець нижче скиду зі ставка-накопичувача
- коричневий: річка Саксагань

- синій: річка Інгулець, до річки Саксагань



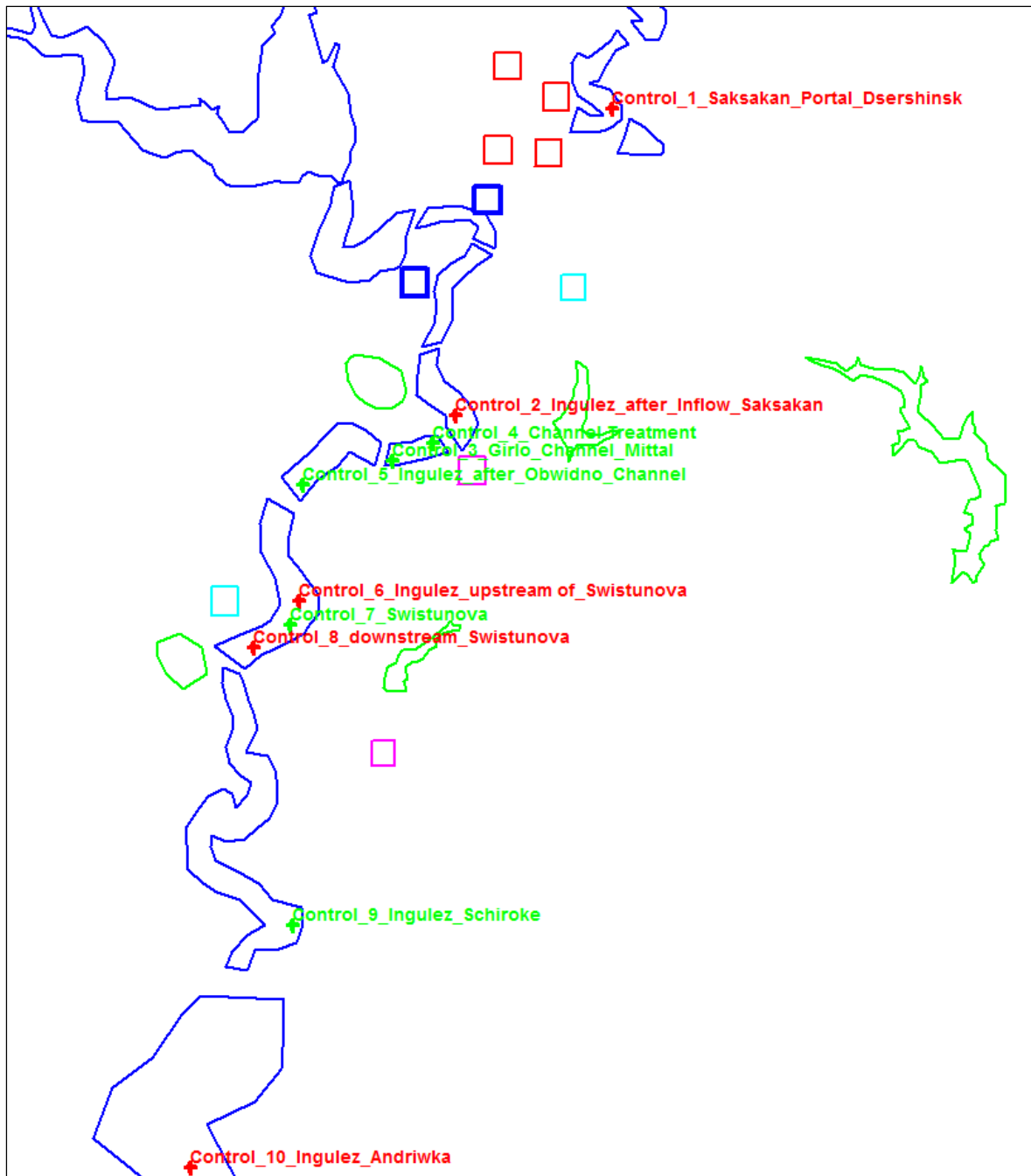
Малюнок 11 Наявні вимірювання хлоридів по контрольним пунктам

На основі доступних результатів вимірювань ДМТ змоделювали концентрації для ключових параметрів якості води. Оскільки швидкості відкачування і концентрації змінювались рік від року, суміш шахтних вод виміряним навантаженням не дає точного показника виміряної концентрації в ставку - накопичувачі Свистунова балка (Малюнок 12). Більш того, влітку інтенсивність випаровування ставка-накопичувача Свистунова балка є значною (5–10 %). Для коректування впливів фахівці ДМТ використовували «Блок шахти «Родина» для південного потоку шахтних та «Блок Ювілейна» для північного потоку шахтних вод в якості калібрувальних блоків для забезпечення того, що виміряний вихід ставка-накопичувача Свистунова балка і південного блоку належним чином ураховується в моделі.

Chemical Types and Concentrations							
Typ	Cl [mg/l]	SO4 [mg/l]	Min. [mg/l]	Q [m3/min]	Remarks		
21	34743.3	1549.0	58406.6	2.28	Schovtneva		
22	32000.0	1500.0	70000.0	7.61	Batkivschina / Rodina		
23	14613.0	1180.5	25638.0	4.57	Gigant-Gliboka		
24	7286.2	795.0	14636.0	4.57	Arcelor-Mittal		
25	12740.0	1593.0	24831.0	1.90	Frunze (2x) + Glesivska		
26	21362.7	1290.3	42870.6	20.93	Swistunova (Model: Result of Mixing)		
26_X	20337.7	1456.3	38947.3	30.11	Swistunova (all N+S to Dnepr)		
2	8360.0	1835.0	17042.0	0.10	Ternivska		
2	8360.0	1835.0	17042.0	0.10	Gvardiska		
2	8360.0	1835.0	17042.0	0.10	Ordschonikidse		
2	8360.0	1835.0	17042.0	0.50	Juvilina (flow symbolic for the North-Sum)		
2	18000.0	1835.0	30000.0	9.18	Juvilina (symbolic for North to Dnepr)		
2	8360.0	1835.0	17042.0	6.58	Water from North-Pond to Dnepr		
30	30.4	10.0	317.0		Dnepr-Quality		
31	105.0	407.0	1003.0		Karazunovska		
32	648.0	838.0	2534.0		Saksakan		
35	1000.0	5000.0	20000.0	4.00	diffuse source Ingulez 1b, 2, 2b		
36	1000.0	5000.0	20000.0	3.00	Obwidno kanal		
40	493.0	433.0	2028.0		Treatment plants		
					correction field to get mix of Swistunova and invisible Seepage from northern objects		

Малюнок 12 Хімічні елементи та концентрації

Для моделі оцінюються наступні контрольні точки - «червоні хрести». Вони є частиною офіційної системи контролю (зелені і червоні хрести) (Малюнок 13)



Малюнок 13 Контрольні створи та використані контрольні пункта для калібрування

3.1.2 КАЛІБРУВАННЯ МОДЕЛІ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ

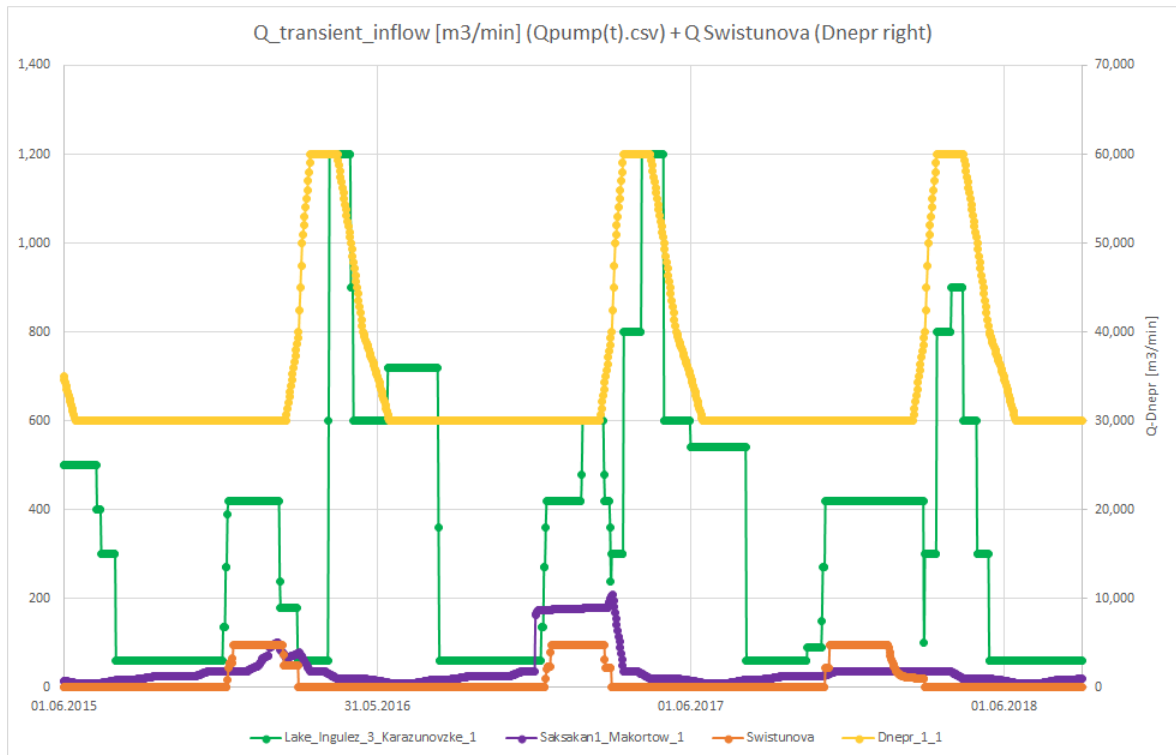
Перехідна модель вимагає періоду становлення оскільки результати детальних вимірювань як початкових умов для дати початку є невідомими. Тому розрахунок моделі починається 01.01.2015 р.

Процедура моделювання починається з «нормального року», де передбачається, що скид зі ставка-накопичувача Свистунова балка починається в листопаді і завершується в лютому.

Вимірювання витрат води в річці Інгулець, концентрацій і витрат для Карачунівського водосховища доступні з осені 2015 року. Тому ми калібруємо модель з осені 2015 року до сьогоднішнього дня на основі реально виміряних даних. Скид зі ставка-накопичувача Свистунова балка починається в ці роки пізніше, ніж планувалося спочатку. Це викликано пізнім затвердженням органами влади, отриманим в грудні 2016 и 2017 роках.

Доступною є дуже обмежена кількість вимірювань дебіту води в річках, але є декілька оцінок для зимового і літнього періодів, а також деякі граничні показники (наприклад, витрати води в Карачунівському водосховищі).

На малюнку нижче (Малюнок 14) показані відомі або розрахункові основні дебіти води, які розглядаються в моделі як граничні умови. Додаткового до цих витрат в моделі розглядаються постійні дебіти води в каналах (наприклад, Обвідному каналі) і прихований приплив ґрунтових вод. Це дає остаточні показники витрат води як результат моделі.



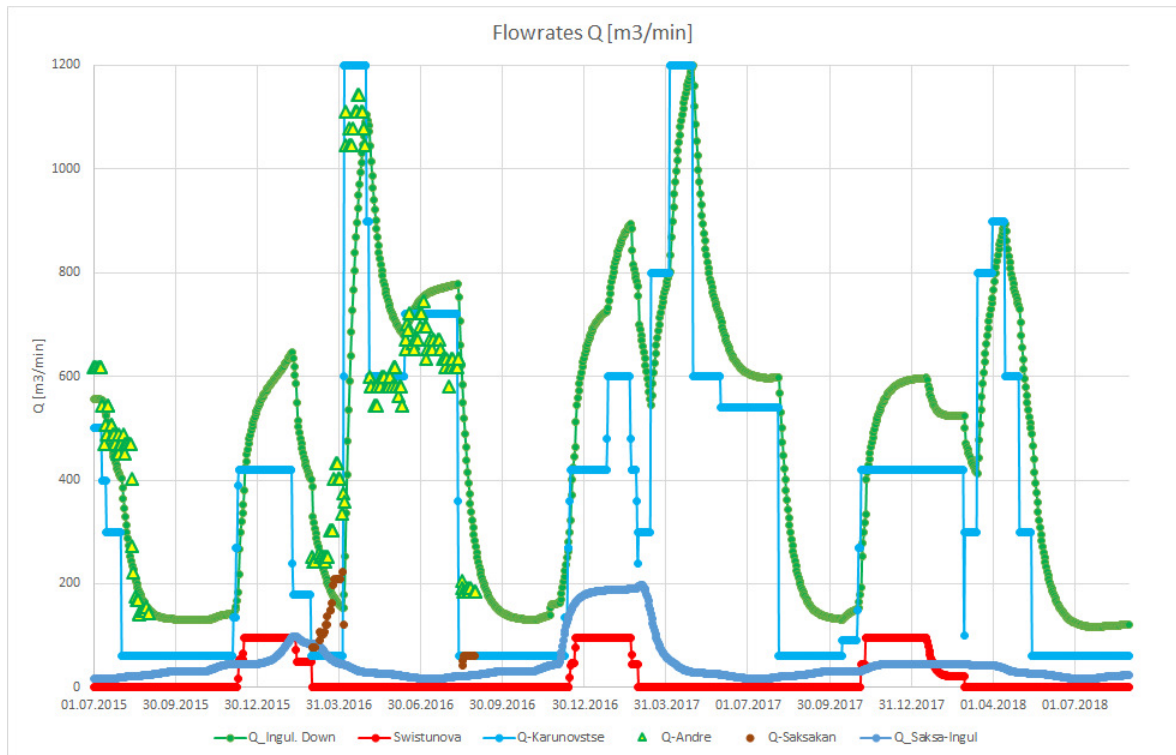
Малюнок 14 рамочні витрати води в моделі

- Жовтий: Розрахункові витрати води (щорічний стік) в Дніпро (права вісь);
- Зелений: Витрати з Карачунівського водосховища для розбавлення і промивки;
- Сірий: Розрахункові витрати води (щорічний стік) в річці Інгулець перед притоком річки Саксагань (без додаткових витрат води для розбавлення і промивання);
- Пурпурний: Базові витрати води в річці Саксагань до розробки ділянки, з відкриттям водного об'єкту в 2016/2017 роках (під Макротівське).

На схемі нижче (Малюнок 15) показаний результат калібрувального розрахунку і порівняння з результатами вимірювань витрат води в річці Інгулець за її точкою скиду.

- Розбавлення і промивка: синій;
- Скид з накопичувача Свистунова: червоний;
- Інгулець темно-синій.

Результуючі витрати води від скиду зі ставка-накопичувача Свистунова відображені зеленим кольором.



Малюнок 15 Витрати воді и одержаний в результаті дебіт річки Інгулець

На малюнках нижче показані результати калібрування за хлоридами, сульфатами і загальній мінералізації. Дві чіткі криві дебітів (Карачунівське водосховище і ставок-накопичувач Свистунова) додані для орієнтування. Вісі дебіту знаходяться праворуч. Виміряні показники показані зеленими (вниз за течією річки Інгулець), коричневими (річка Саксагань) і синіми (Інгулець, вверх за течією річки Саксагань) трикутниками:

Всі наступні схеми побудовані з такою ж кольоровою палітрою:

Умовні позначення: лінії = результати моделі:

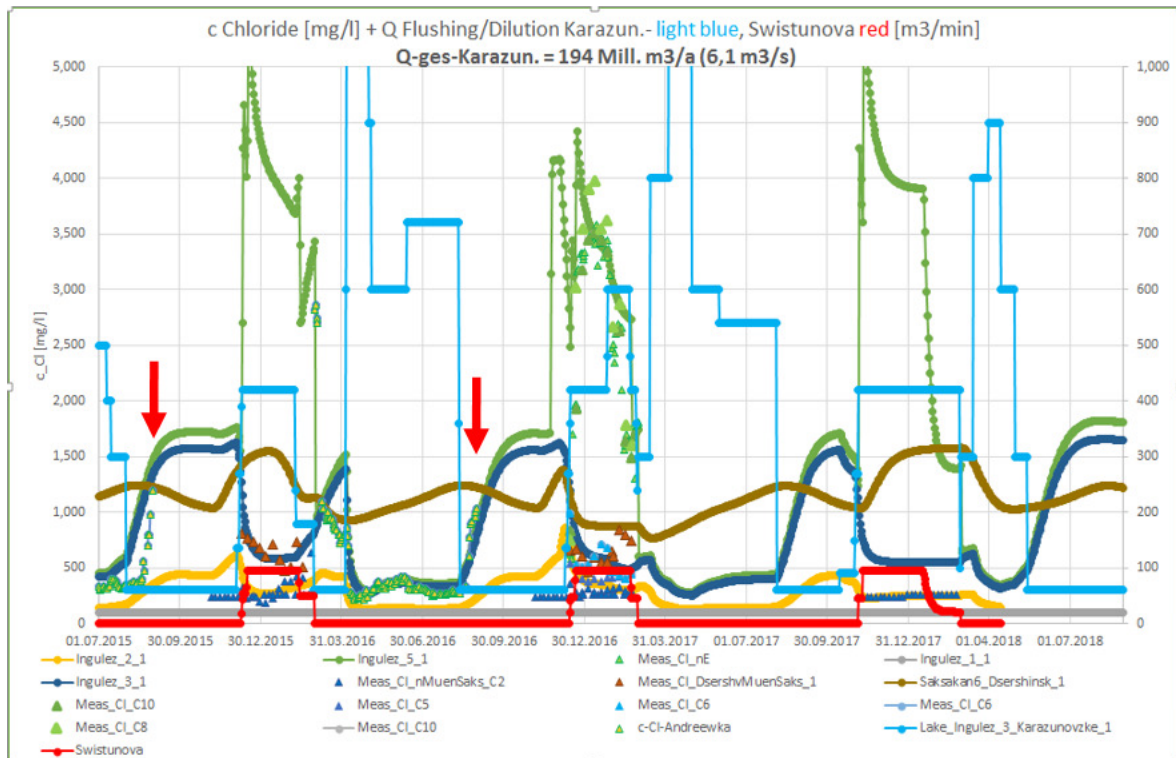
- **Інгулець_2_1** Концентрація – Блок річки Інгулець після злиття з річкою Саксагань
- **Інгулець_5_1** Інгулець нижче за течією від зони видобутку копалин (після скиду в ставок-накопичувач Свистунова)
- **Саксагань_6_Дзержинськ_1** Витрати води в річці Саксагань після Саксаганського (Дзержинського) водосховища
- **Свистунова** Витрати після ставка-накопичувача Свистунова балка в Інгулець
- **Річка_Інгулець_3_Карачунівське_1** Витрати воді з Карачунівського водосховища в річку Інгулець

- **Дніпро_4_1 – Інгулець_3b_1** Витрати води з каналу Дніпро - Інгулець
- **Дніпро_4_1 Саксагань_5 Кресов_1** Витрати води з каналу Дніпро – Кривий Ріг в річку Саксагань по каналу № 33)

(Витрати води тільки на схемах хлоридів показані на шкалі справа)

Умовні позначення: трикутники = виміри:

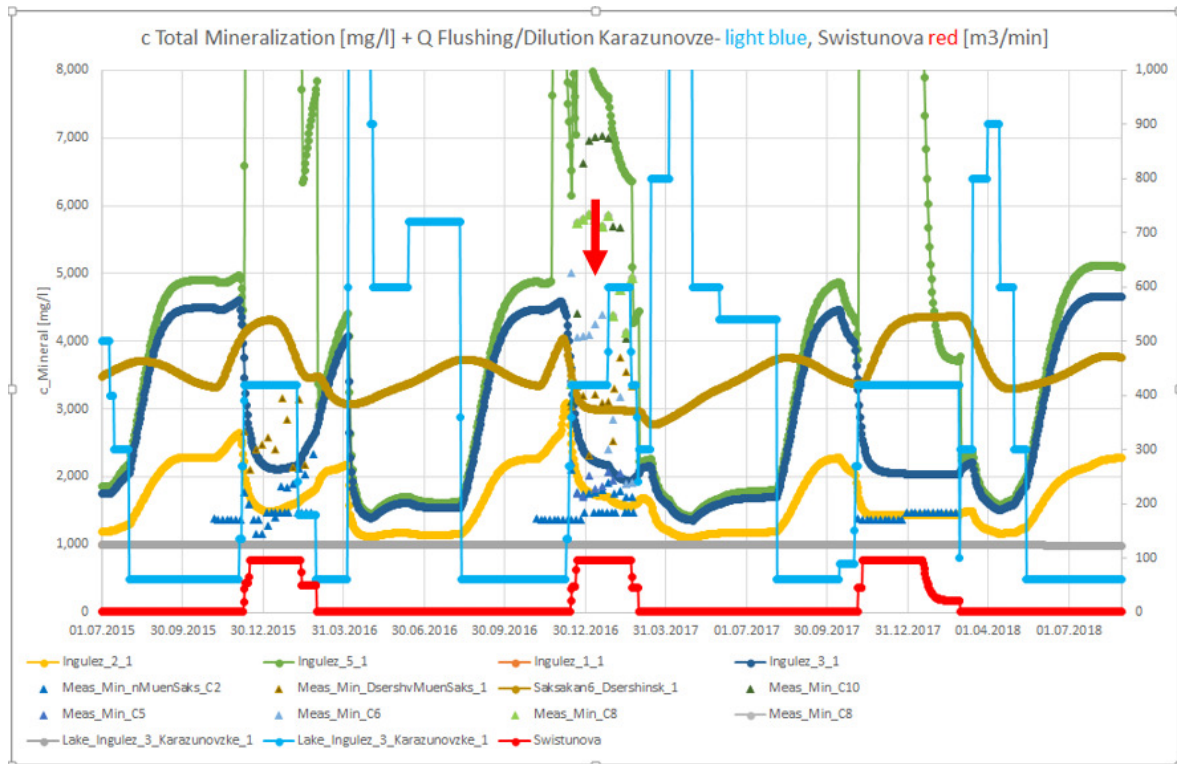
- **Meas_CI_DshershMuenSaks_1** Вимірювання хлоридів / мінералізації / сульфатів до злиття річок Саксагань та Інгулець
- **C_CI_Andreewka** Вимірювання хлоридів / мінералізації / сульфатів в контрольній точці 10 в с. Андріївка
- **Meas_CI_nE** Вимірювання хлоридів / мінералізації / сульфатів після скиду в ставок-накопичувач Свистунова
- **Meas_CI_C8** Вимірювання хлоридів / мінералізації / сульфатів в контрольній точці 8 (Інгулець після ставка-накопичувача Свистунова балка)
- **Meas_CI_C6** Вимірювання хлоридів / мінералізації / сульфатів в контрольній точці 6 (Інгулець)
- **Meas_CI_nMunedSaks_C2** Вимірювання хлоридів / мінералізації / сульфатів після злиття річок Саксагань й Інгулець
- **Meas_CI_C5** Вимірювання хлоридів / мінералізації / сульфатів в контрольній точці 5 (Інгулець)



Малюнок 16 Концентрація хлоридів в різних точках контролю

Для отримання середніх вимірних концентрацій, які були змодельовані, необхідно підвищити приплив дифузних фільтраційних вод в річку Саксагань, а також між припливом до річки Саксагань і точкою скиду ставка-накопичувача Свистунова балка (зазвичай 35 (3х) і 36 (Обвідний канал)). Особливо влітку (без скидів зі ставка-накопичувача б. Свистунова) очевидно, що на площі є додаткові джерела забруднення, окрім ставка-накопичувача. Номери типів хімічних речовин – це внутрішні номери моделі, які характеризують якість води. Типи, що розглядаються, приведені в таблиці (Малюнок 12).

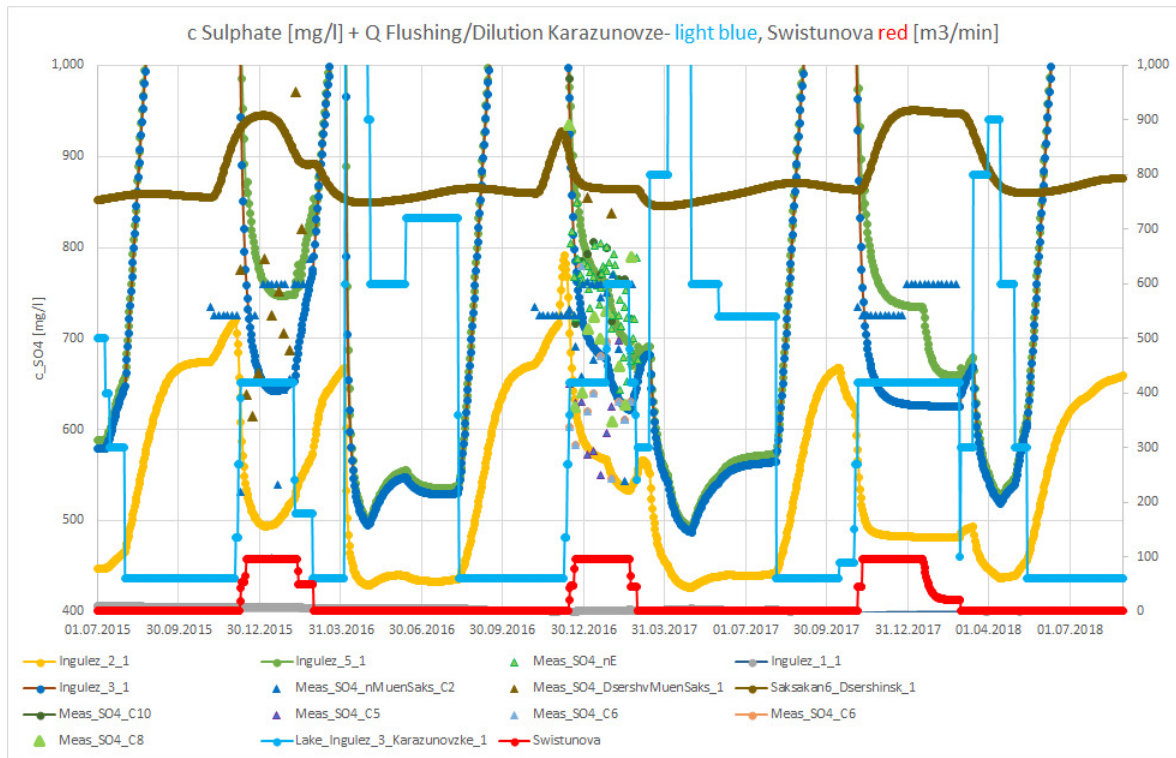
Треба відзначити, що кількість вимірювань, наявних для літа / осені (серпень, вересень, жовтень), особливо після промивки і розбавлення водою з Карачунівського водосховища, дуже мала. Більша кількість результатів з цього періоду без додаткової води дозволила б калібрувати фонові концентрації з більшою точністю. Кінець вимірювань обривається в кінці серпня (червоні стрілки).



Малюнок 17 Загальна мінералізація в різних точках контролю

В принципі, картина загальної мінералізації (Малюнок 17) виглядає майже так, як хлориди (але більш критично). В контрольних точках C5 і C6 (вище точки скиду зі ставка Свистунова) концентрація в річці Інгулець досягає 40 % (сині трикутники – червоні стрілки) концентрації, заміряної після скиду води ставка-накопичувача Свистунова балка (зелені трикутники). Оскільки ця характеристика є не такою ж показовою для хлоридів, ми припускаємо, що цей вплив спричиняють не тільки шахти, але в більшій мірі збагачувальні фабрики і хвостосховища. Саме тому було враховано вплив каналу Обвідний і дифузних джерел.

Концентрація сульфатів (Малюнок 18) часто є результатом процесів окислювання піриту, а у випадку Кривого Рогу може бути зовсім не пов'язана з самими шахтними водами. Це є показником діяльності зі збагачення мінеральної сировини. Тому найвищі показники спостерігаються вгору за течією річки Саксагань, а не після точки скиду ставка-накопичувача Свистунова балка.



Малюнок 18 Концентрація сульфатів в різних пунктах контролю

Наведені вище результати калібрування моделі демонструють добру кореляцію результатів моделювання з фактичними результатами моніторингу. База для подальшого моделювання варіантів оптимізації системи акумуляції та скиду вод готова.

3.2 ПОСТІЙНИЙ СКИД НА ПРОТЯЗІ РОКУ.

Даний варіант акумуляції та скиду передбачає постійний рівномірний скид шахтних вод з попередньою акумуляцією їх в ставку накопичувачі для освітлення шахтної води та періодичні скиди надлишків зворотних вод з хвостосховища ПРАТ «ПівГЗК» .

На початковому етапі в ставку-накопичувачу необхідно створити необхідний рівень регулювання обсягів води, який дозволить зменшити швидкість руху шахтних вод до місця забору насосною станцією. Таким чином значна частина завислих речовин осяде у верхів'ї ставка-накопичувача, а більш високі рівні біля плавучої насосної станції знизять ризики каламучення води при її заборі на скид.

Недоліком даного варіанту скиди є неможливість забезпечити рівномірний скид води зі ставка накопичувача при існуючому технічному оснащенні насосних станцій. Середньо добові витрати при подачі води у ставок-накопичувач по системі збору шахтних вод складають 0,38-0,4 м³/с, а можливості по скиду зі ставка накопичувача при наявному на насосних станціях обладнанні розраховані на подачу 0,8 – 0,85 м³/с, тому для скиду шахтних

води, що надходять в ставок-накопичувач достатньо 10 годин роботи насосної станції на добу.

Виходячи з цього доцільно скиди зі ставка накопичувача виконувати двічі на добу, а саме у період, коли тарифи оплати за електроенергію нижчі, у нічний час з 23 години вечора до 7 години ранку, та один раз на добу вдень на дві години, або один раз на три-чотири доби на включати насосну станцію 6 - 8 годин. Але під такий режим скиду неможливо підібрати оптимальний режим попусків для розбавлення. При встановленні постійних попусків води для розбавлення частка води буде скидатися в «холосту».

Для забезпечення функціонування даного режиму скидів з розбавленням на сьогоднішній день реальними джерелами є (Малюнок 18):

- Власний за акумульований стік Карачунівського водосховища, який можна залучити для розбавлення в обсягах не менше 50,0 млн.м³.

Ці обсяги складаються з:

мінімальних, передбачених «Правилами експлуатації Карачунівського водосховища», постійних санітарних попусків у нижній б'єф водосховища витратами 0,25 м³/с на протязі 11 місяців що складають близько 7,4 млн.м³ на рік;

періодичних попусків на розбавлення шахтних вод під час осінньо-зимового періоду, передбачених регламентами скиду надлишків зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу, обсяги якого в середньому становлять 43,0 – 45,0 млн.м³ на рік;

- Власний за акумульований стік Макортівського водосховища у вигляді санітарних попусків, встановлений «Правилами експлуатації Макортівського водосховища», в обсягах не менше 3,52 млн.м³ на рік, 0,11 м³/с та спеціальних попусків для промивки русла, розбавлення зворотних вод, які встановлюються регламентами скидів в разі виникнення потреби у їх скиді.

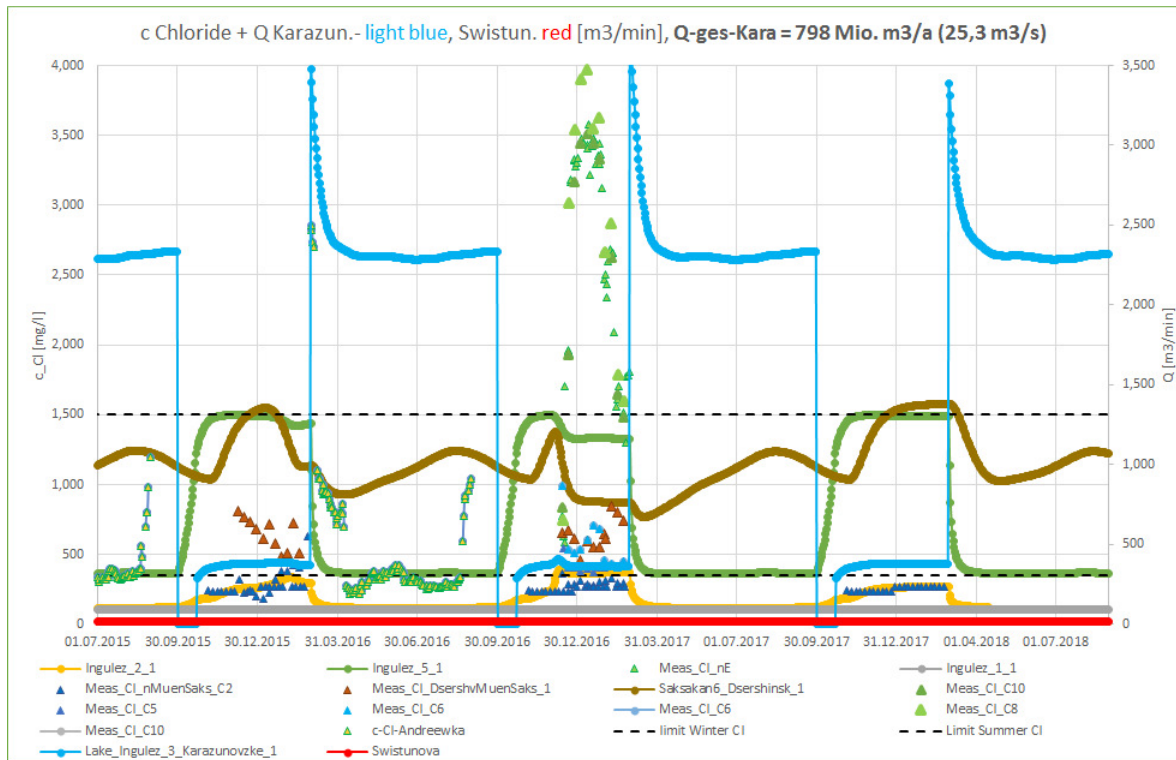
Потреба у періодичних скидах надлишків зворотних вод з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» виникає періодично один раз на 5 – 10 років, хоча на перспективу не можна виключати ймовірності їх проведення частіше. Згідно попередніх регламентів скиду, подача води з Макортівського водосховища для розбавлення передбачалася витратами 1,3 м³/с протягом 90 діб загальним обсягом 10,1 млн.м³. Таким чином можна стверджувати, що гарантована подача на розбавлення з Макортівського водосховища становить $3,5 + 10,1 = 13,6$ млн.м³ на рік, або середньорічними витратами – 0,43 м³/с.

- Канал Дніпро – Інгулець має можливість гарантовано подавати 11,0 м³/с протягом року, що становить 347,0 млн.м³ на рік;
- Канал Дніпро – Кривий Ріг має можливість подавати 5,5 м³/с протягом року, через Південне водосховище далі по каналу №33 в Кресівське водосховища та по річці Саксагань через Саксаганьське водосховище в річку Інгулець, що становить 173,0 млн.м³ на рік;

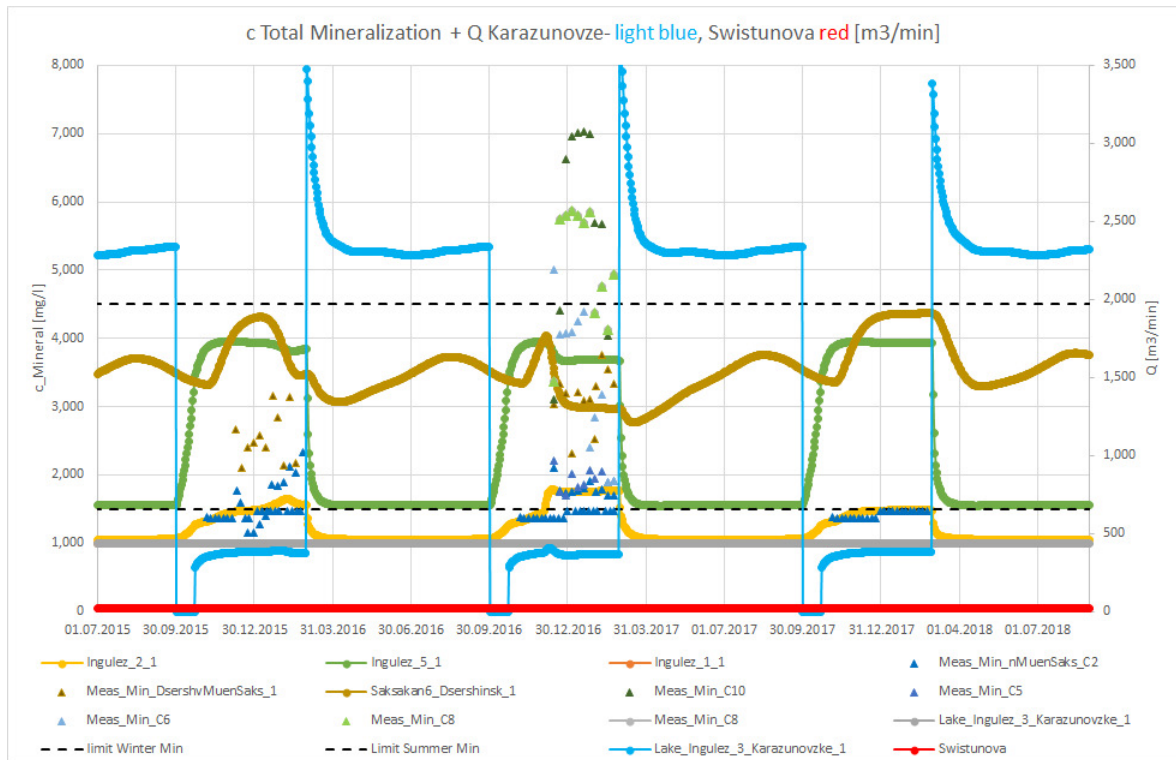
Джерело впливу на формування якості води в р.Інгулець	Режим витрат	Потенційні можливості залучення джерел для розбавлення		Якість води ²	
		Витрати, м³/с	Річні обсяги, млн.м³	Загальна мінералізація, мг/л	Хлориди, мг/л
	року				
ПРАТ «ПівнГЗК» (зворотні води) скид в р. Саксагань	Рівномірні протягом року	0,08	2,5	17000,0	8400,0
р. Саксагань (Кресівське та Саксаганське водосховища) на виході в р. Інгулець	Рівномірні протягом року	0,15	4,7	2700,0	640,0
Канал Дніпро-Кривий Ріг в р. Саксагань	Рівномірні протягом року	5,5	173,0	340,0	43,0
Канал Дніпро-Інгулець в р. Інгулець	Рівномірні протягом року	11,0	347,0	230,0	26,0
Карачунівське водосховище (перерозподілені витрати з урахування подачі води по каналу Дніпро-Інгулець)	Рівномірні протягом року	12,6	397,0	1000,0 (800,0) ²	105,0 (80) ²
Обвідний канал в р. Інгулець	Рівномірні протягом року	0,25	7,9	2000,0	420,0
Південна станція аерації КОС в р. Інгулець	Рівномірні протягом року	0,07	2,2	2100,0	500,0
Ставок накопичувач шахтних вод в р. Інгулець	Нерівномірні протягом доби	0/0,8 (середні за добу – 0,4)	12,4	38000,0	20200,0

Результати моделювання якості води та водних потоків для цієї опції демонструють наступні діаграми:

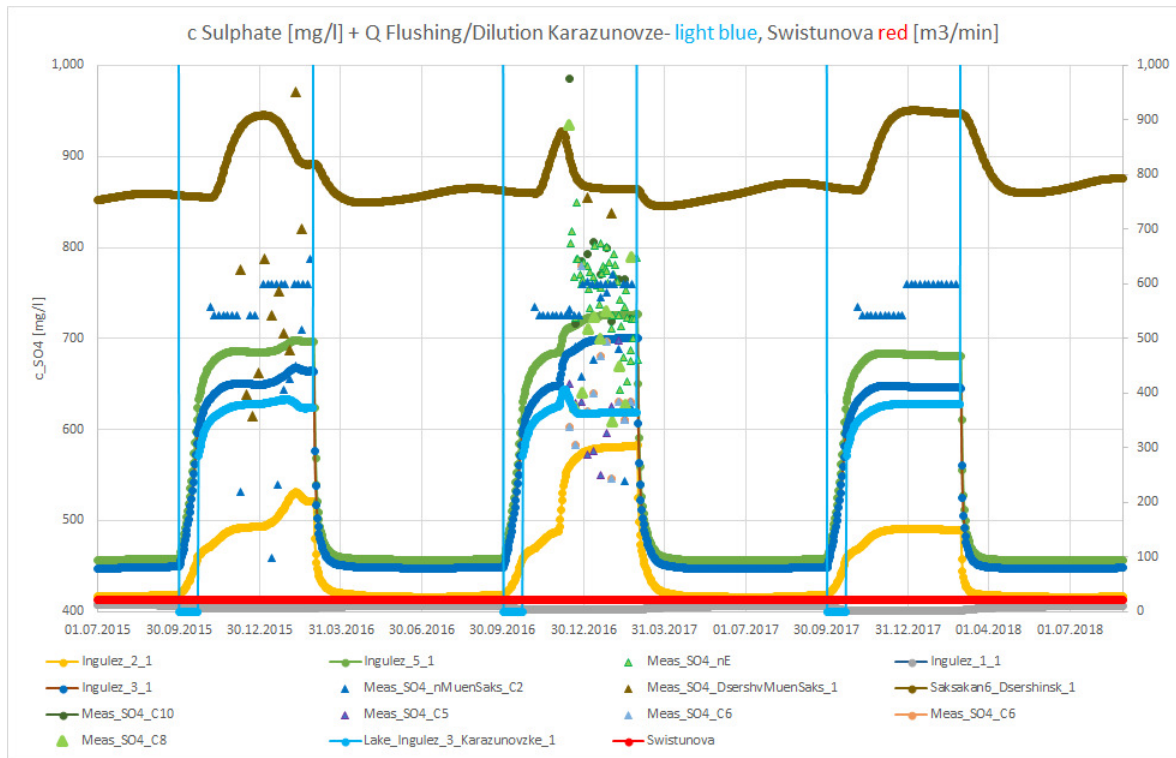
³ в дужках наведена прогнозна якість води у Карачунівському водосховищі при умові постійної подачі води по каналу Дніпро-Інгулець; без дужок - витрати та обсяги при умові скиду зворотних вод зі шламосховища ПРАТ «ПівнГЗК», в дужках – в разі їх відсутності.



Малюнок 20 Концентрація хлоридів, безперервний скид



Малюнок 21 Загальна мінералізація, безперервний скид



Малюнок 22 Концентрація сульфатів, безперервний скид

Як видно з результатів моделювання (Малюнок 20) цільова якість води в річці Інгулець може бути досягнута з залученням близько 25,3 м³/с з Карачунівського водосховища. Основною умовою функціонування даного варіанту є залучення максимальних обсягів води по каналу Дніпро Інгулець. На даний момент максимальні витрати, які може пропускати канал становлять 11,0 м³/с. Виходячи з даної витрати річні обсяги подачі по каналу становить 347,0 млн.м³, а з урахуванням власних резервів Карачунівського водосховища на розбавлення шахтних вод можна залучити 397 млн.м³. Таким чином постійний рівномірний скид з Карачунівського водосховища становитиме максимально 12,6 м³/с. Таких обсягів води буде недостатньо для розбавлення води у річці Інгулець до цільових показників.

За умови забезпечення рівномірних витрат зі ставка-накопичувача протягом доби та постійного скиду надлишків зворотних вод з хвостосховища ПРАТ «ПівнГЗК», при залученні всіх наявних джерел для розбавлення у контрольному створі нижче скиду на річці Інгулець можна очікувати якість води:

- по загальній мінералізації - 1710,0 – 1590,0 мгл/л;
- по хлоридам - 550,0 – 540,0 мгл/л.

Зважаючи на те, що при існуючому технічному оснащенні насосних станцій подачі води на скид зі ставка-накопичувача шахтних вод не можливо досягти постійного рівномірного скиду, розрахунок концентрацій виконано на режим періодичних скидів протягом доби витратами

0,8 м³/с. Для такого режиму максимальні концентрації солей у воді в контрольному створі нижче скиду можна очікувати:

- по загальній мінералізації - 4400,0 – 2310,0 мг/л;
- по хлоридам - 950,0 – 930,0 мг/л.

Таким чином, постійний скид із залученням всіх доступних джерел не зможе забезпечити водозабір Інгулецької зрошувальної системи якісною водою, яка відповідала б нормативним показникам, а саме:

- не більше 1500,0 мг/л по загальній мінералізації;
- не більше 350,0 мг/л по хлоридам.

При умові організації рівномірного скиду шахтної води зі ставка-накопичувача з урахуванням інших існуючих джерел впливу, без скиду зворотних вод з хвостосховища ПРАТ «ПівніГЗК», після змішування, у контрольному створі нижче скиду можна очікувати концентрації по загальній мінералізації на рівні 1630 – 1500 мг/л, а по хлоридам 520 – 500 мг/л. Навіть при цьому варіанті не досягається нормативна якість води для забезпечення якісною водою зрошувальних систем у Миколаївській та Херсонській областях.

Постійний скид шахтних вод та періодичний скид зворотних вод, при існуючій схемі залучення води зі всіх наявних джерел на розбавлення може знизити максимальні концентрації практично до фонових, але він виключає можливість забору води на полив Інгулецькою зрошувальною системою та не забезпечує досягнення нормативної якості води. Відповідно, цей варіант скиду в подальшому не розглядається.

3.3 РОЗШИРЕНИЙ ПЕРІОДИЧНИЙ СКИД

Варіант передбачає періодичний скид на протязі року в період, коли відсутня потреба у воді на зрошення. Даний варіант оптимізації значною мірою нагадує існуючий на сьогодні режим скиду у міжвегетаційний період. Єдиною відмінністю при даному варіанті буде подовжений період скиду та максимальне залучення всіх наявних джерел для розбавлення. Орієнтовно скид може здійснюватися з початку-середини вересня по середину – кінець березня. Тобто маємо подовження з нинішніх 3,0 - 4,0 місяців до 6,0 – 7,0 місяців. При розгляді даного варіанту покращення існуючої системи розглядається період з 16 вересня по 15 березня як найбільш оптимальний період для проведення скидів з розбавлення шахтних вод.

Перевагою даного режиму над існуючим режимом є можливість знизити протягом року витрати при скиді в річку Інгулець зі ставка-накопичувача з 1,7 м³/с до 0,8 м³/с, забезпечити рівномірні витрати у пониззі р. Інгулець біля 20 м³/с і як наслідок, стабільні рівні води у пониззі Інгульця протягом року. Отже, можна очікувати позитивний вплив на водну фауну та флору за рахунок постійної проточності, більшого постійного заповнення русла річки, підтримки більших глибин води по усій ділянці річки та меншої концентрації солей у воді протягом року і зокрема – протягом періоду скиду.

Якщо задіяти максимальні можливості каналу Дніпро-Інгулець круглий рік на рівні 11,0 м³/с, то можна використовувати для розбавлення шахтної води та підтримки якості води під час зрошувального сезону 347,0 млн.м³, а також додатково з Карачунівського водосховища за рахунок заакумульованого власного стоку річки Інгулець 50,0 млн.м³. Кількість власного стоку, що можна використати для даних потреб складаються з обов'язкових санітарних попусків, передбачених «Правилами експлуатації Карачунівського водосховища» встановлених на рівні 0,25 м³/с на протязі 11 місяців (7,4 млн.м³) та щорічних обсягів, що залучаються в останні роки для розбавлення шахтних вод в обсягах 43 – 45 млн.м³.

Періодичні скиди зворотних вод з хвостосховища ПРАТ «ПівніГЗК» передбачають залучення води з Макортівського водосховища та по каналу Дніпро-Кривий Ріг. При скиді надлишків зворотних вод з хвостосховища ПРАТ «ПівніГЗК» в осінньо-зимовий періоду, в обсязі близько 2,5 млн. м³ на протязі 6 місяців (з 16 вересня по 15 березня) розрахункові середньодобові витрати становитимуть 0,16 м³/с.

Вода з Макортівського водосховища знизить концентрацію від місця скиду до Кресівського водосховища. Орієнтовні витрати на розбавлення прийняті на рівні 0,65 м³/с. Сумарна потреба у воді з Макортівського водосховища на розбавлення при витратах 0,65 м³/с становитиме близько 10,2 млн.м³.

Нижче (Таблиця 18) наведено джерела, що формують якість води у річці Інгулець при умові їх залучення до розбавлення шахтних вод, за акумульованих у ставку-накопичувачі шахтних вод та надлишків зворотних вод в хвостосховищі ПРАТ «ПівніГЗК».

Таблиця 18 Джерела, витрати, концентрації для розширеного періодичного скиду

Джерело впливу на формування якості води в р.Інгулець	Режим витрат	Потенційні можливості залучення джерел для розбавлення		Якість води ⁴	
		Витрати, м³/с	Річні обсяги, млн.м³	Загальна мінералізація, мг/л	Хлориди, мг/л
Макортівське водосховище р. Саксагань	Рівномірні протягом періоду скиду	0,65 (0,11) ⁵	12,0 (3,5) ⁵	2720,0	400,0
ПРАТ «ПівніГЗК» (зворотні води) в р. Саксагань	Рівномірні протягом періоду скиду	0,16	2,5	17000,0	8400,0
р. Саксагань (Кресівське та Саксаганське водосховища) на	Рівномірні протягом року	0,15	4,7	2700,0	640,0

⁴ дані по якості наведені станом на 2016 рік;

Джерело впливу на формування якості води в р.Інгuleць	Режим витрат	Потенційні можливості залучення джерел для розбавлення		Якість води ⁴	
		Витрати, м³/с	Річні обсяги, млн.м³	Загальна мінералізація, мг/л	Хлориди, мг/л
виході в р. Інгuleць					
Канал Дніпро-Кривий Ріг в р. Саксагань	Рівномірні протягом періоду скиду	5,5	86,0	340,0	43,0
Канал Дніпро-Інгuleць	Рівномірні протягом року	11,0	347,0	230,0	26,0
Карачунівське водосховище (перерозподілені витрати з урахування подачі води по каналу Дніпро-Інгuleць)	Рівномірні протягом періоду скиду ⁵	19(8) ⁶	397,0	1000,0 (800,0) ⁷	105,0 (80)
Обвідний канал в р. Інгuleць	Рівномірні протягом року	0,25	7,9	2000,0	420,0
Південна станція аерації КОС в р. Інгuleць	Рівномірні протягом року	0,07	2,2	2100,0	500,0
Ставок накопичувач шахтних вод в р. інгулець	Рівномірні протягом періоду скиду	0,8	12,4	38000,0	20200,0

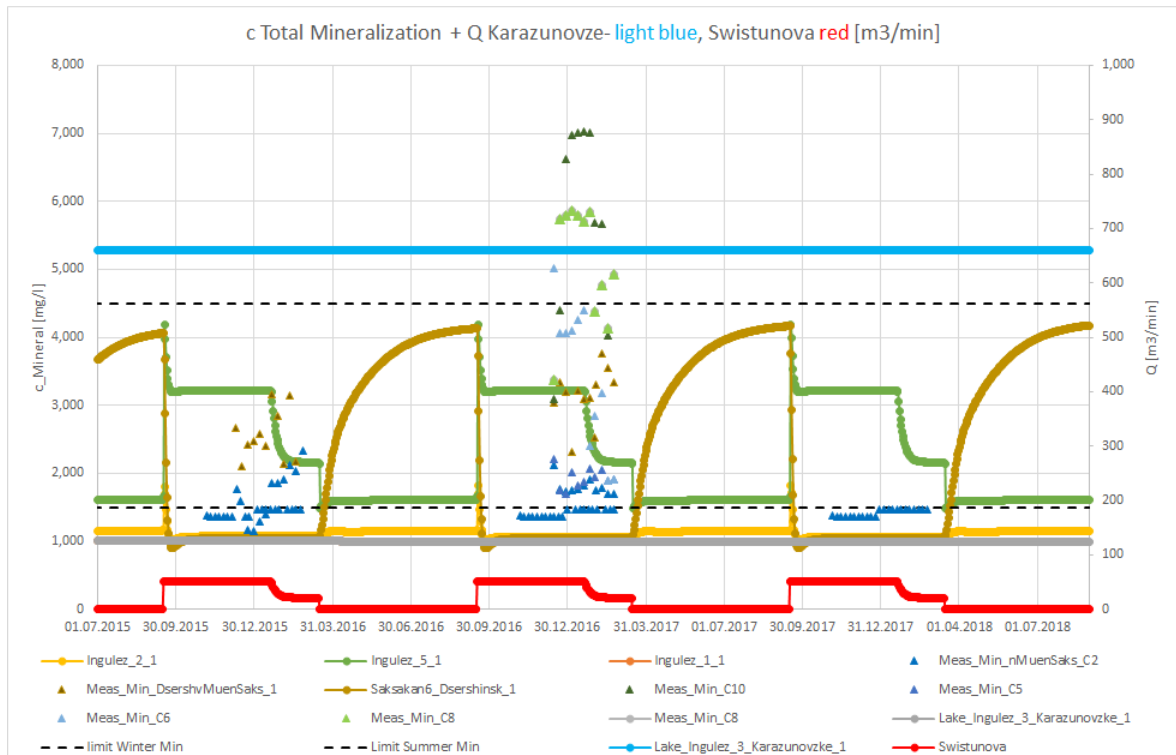
Результати моделювання для цієї альтернативи наведені нижче:

- Продовження періоду скиду з 16.09. до 15.03;
- Додатковий скид води з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» в об'ємі 9,6 м³/хв (0,16 м³/с);

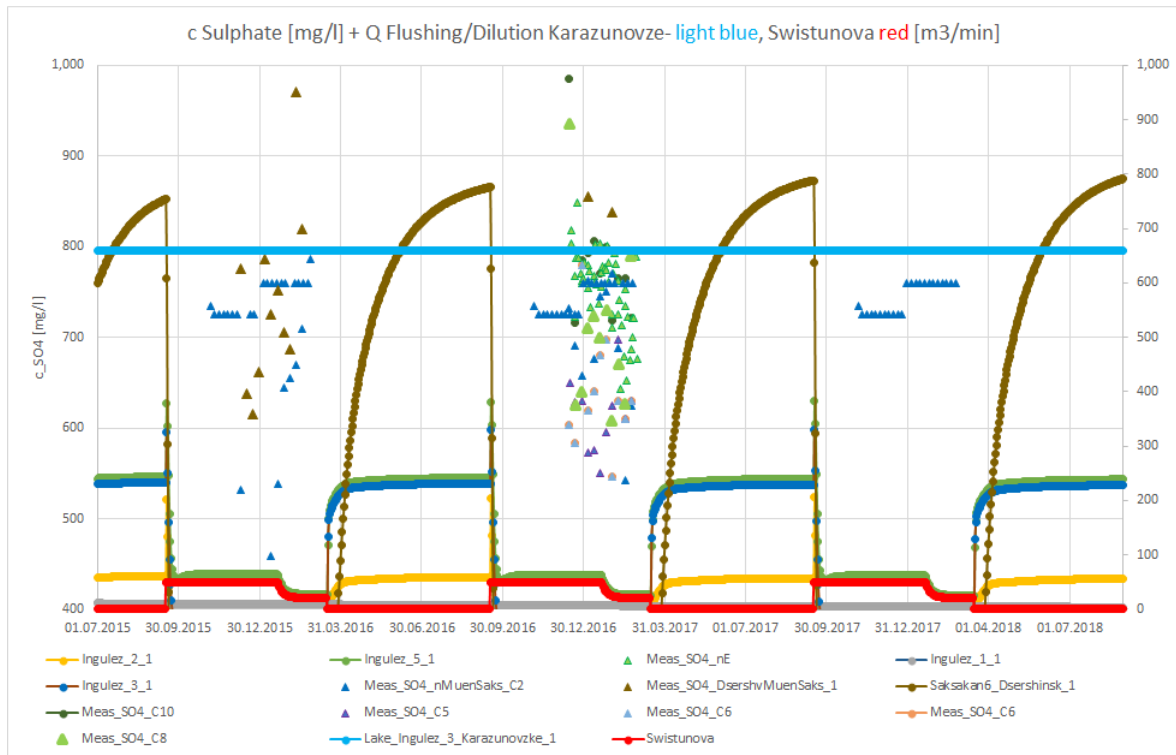
⁵ період скиду шахтних вод зі ставка накопичувача та зворотних вод зі шламосховища ПРАТ «ПівНГЗК» рприйнято з 16 вересня по 15 березня, а подача води з Карачунівського водосховища для забезпечення зрошення – з 16 березня по 7 серпня;

⁶ без дужок - витрати на період скиду шахтних вод зі ставка накопичувача та зворотних вод зі шламосховища ПРАТ «ПівНГЗК», в дужках – на період зрошувального сезону; без дужок - витрати та обсяги при умові скиду зворотних вод зі шламосховища ПРАТ «ПівНГЗК», в дужках –в разі їх відсутності.

⁷ в дужках наведена прогнозна якість води у Карачунівському водосховищі при умові постійної подачі води по каналу Дніпро-Інгuleць;



Малюнок 24 Загальна мінералізація, розширений скид



Малюнок 25 Концентрація сульфатів, розширений скид

При організації скиду шахтних вод зі ставка-накопичувача витратами 0,8 м³/с (загальний обсяг – 12,4 млн.м³/рік) та з шламосховища ПРАТ «ПівніГЗК» витратами 0,16 м³/с (загальний обсяг – 2,5 млн.м³/рік) з 16 вересня по 15 березня то, за умови скиду у цей період з Карачунівського водосховища 19 м³/с, за рахунок перерозподілу стоку на протязі року та по каналу Дніпро-Кривий Ріг через канал №33 - 5,5 м³/с, якість води на р. Інгулець у контрольному створі нижче зони змішування можна очікувати по загальній мінералізації 3090 – 3200 мг/л, а по хлоридам 1100 – 1250 мг/л. Вода в р. Інгулець, після розбавлення, не перевищує фонові концентрації, що складаються у пониззі річки Інгулець після завершення поливного сезону перед дозованим скидом шахтних вод.

При таких концентраціях відпадає потреба у наступній промивці русла р. Інгулець перед поливним сезоном, зважаючи на те, що вода по якості буде відповідати нинішнім фоновим концентраціям. Після завершення скиду шахтних вод починаючи з 16 березня по 7 серпня подачу води з Карачунівського водосховища забезпечується на рівні 8,0 м³/с.

Підчас сезону зрошення також будуть досягнуті цільові параметри якості р. Інгулець по загальній мінералізації 1500 мг/л, а по хлоридам 350 мг/л.

Перевагою даного варіанту буде досягнення рівномірної якості в річці в міжполивний сезон на рівні фонових концентрацій. Окремо слід відмітити й інші позитивні екологічні моменти, а саме, покращення якості води на ділянці річки Інгулець від міста Олександрія, в Іскрівському

водосховищі, джерелі питного водопостачання м. Жовті Води та Петрово та в Карачунівському водосховищі, що є джерелом питного водопостачання м. Кривий Ріг.

Головним недоліком – є потреба в додаткових енергетичних та фінансових ресурсах для залученні додаткових водних. Технічно можливість залучення на сьогодні існує по каналу Дніпро-Інгулець та по каналу Дніпро-Кривий Ріг з наступним пропуском води через 33 канал, Кресівське та Саксаганське водосховища. Потреба у залученні води по каналу Дніпро-Кривий Ріг виникатиме періодично при необхідності скиду зворотних вод зі хвостосховища ПРАТ «ПівнГЗК».

Розглянувши можливі альтернативні варіанти для подальшого економічного порівняння доцільно розглядати варіант періодичного скиду шахтних вод протягом року в період, коли відсутня потреба у воді на зрошення з максимально можливим розбавленням шахтної води шляхом використання наявних потужностей по залученню водних ресурсів.

З точки зору формування та/або збереження сприятливих екологічних умов для біоценозу річки Інгулець цей варіант має наступні недоліки:

Коливання концентрації загального вмісту мінеральних речовин і концентрації хлоридів між осінньо-зимовим та весняно-літнім сезонами досить великі близько: 2,6 і 2,8 рази відповідно. Більшість представників водної флори і фауни можуть тимчасово акліматизуватися (не акліматизуватися) до даних умов, але продуктивність біоценозу і видове різноманіття будуть низькими.

В осінньо-зимовий період, протягом 6 місяців, вода з мінералізацією більше 3 000 мг/л та вмістом хлоридів близько 1 200 мг/л не може використовуватися для питних потреб домашніх тварин, без загрози їх здоров'ю та якості біопродукції. Спектр використання води з такими показниками на господарсько-побутові потреби так само скорочується, що створює серйозний дискомфорт в життєдіяльності місцевого населення.

Для потреб зрошення у весняно-літній період, вода з таким вмістом солей не приведе до швидкої водної та хімічної ерозії ґрунтів, однак, з часом, потребують значних витрат на роботи з рекультивації ґрунтів і підвищення їх бонітету.

3.3.1 ВИТРАТИ

Для оцінки вартості подачі води на розбавлення використовувалися тарифи на подачу води каналом Дніпро-Інгулець, що станом на травень 2017 року становили 0,69 грн./м³ та вартість встановлена ДПП «Кривбаспромводопостачання» на залучення технічної безнапірної води з Карачунівського і Макортівського водосховищ в розмірі 0,25 грн/м³ та технічної напірної по каналу «Дніпро-Кривий Ріг» - 1,52 грн/м³.

Базуючись на технічних можливостях залучення води по каналу Дніпро-Інгулець витратами 11,0 м³ та річним обсягом 347,0 млн.м³, вартість подачі води становитиме:

$$0,69 \times 347,0 = 239,43 \text{ млн.м}^3$$

Вартість подачі технічної безнапірної води з Карачунівського водосховища за рахунок місцевого заакумульованого стоку прийнятих в обсягах 50,0 млн.м³ становитиме:

$$0,25 \times 50,0 = 12,5 \text{ млн.м}^3$$

З загальних обсягів води для забезпечення зрошення при умові подачі в період з 16 березня по 7 серпня води з Карачунівського водосховища на рівні 8,0 м³/с, а сумарна подача за зрошувальний сезон -100 млн. м³. Таким чином, для розбавлення шахтних вод на протязі осінньо-зимового періоду за рахунок річного перерозподілу стоку можна залучити 347,0 + 50,0 -100,0 = 297,0 млн.м³ води з Карачунівського водосховища з середньодобовими витратами на період розбавлення шахтних вод близькими до 19,0 м³/с.

Затрати згідно діючого тарифу на 2017 рік на подачу шахтної води на скид зі ставка - накопичувача з урахуванням експлуатаційних витрат складають 0,58 грн./м³. Середній річний обсяг шахтної води, що скидається в р.Інгулець зі ставка-накопичувача становить 12,4 млн.м³ складуть. Річні експлуатаційні витрати скиду шахтних вод в цінах 2017 року складуть:

$$0,58 \times 12,4 = 7,19 \text{ млн. грн.}$$

Періодичні скиди зворотних вод з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» передбачають залучення води з Макортівського водосховища та по каналу Дніпро-Кривий Ріг. При скиді зворотних вод протягом осінньо-зимового періоду з хвостосховища Прат «ПІВНГЗК» в обсягах 2,5 млн. м³ протягом 6 місяців розрахункові середньодобові витрати становитимуть 0,16 м³/с. Вода з Макортівського водосховища знизить концентрацію від місця скиду до Кресівського водосховища. Орієнтовні витрати на розбавлення прийняті 1,0 м³/с.

Сумарна потреба у воді на розбавлення з Макортівського водосховища при витратах 1,0 м³/с становитиме близько 16,0 млн.м³ на рік.

Вартість подачі технічної безнапірної води з Макортівського водосховища, встановлена КП «Кривбаспромводопостачання» на 2017 рік у розмірі 0,25 грн/м³.

Витрати на подачу 16,0 млн. м³ відповідно становитимуть: 0,25 x 16 = 4,0 млн. грн.

Далі в процес розбавлення залучається канал Дніпро-Кривий Ріг шляхом подачі з Південного водосховища по існуючому 33 каналу в Кресівське водосховище. Максимальна проектна потужність каналу – 5,5 м³/с. Сумарна потреба у воді на розбавлення з Південного водосховища при витратах 5,5 м³/с становитиме близько 86,0 млн.м³.

Вартість на подачу технічної води з Південного водосховища, встановлена КП «Кривбаспромводопостачання» на 2017 рік у розмірі 1,52 грн/м³.

Витрати на подачу 86,0 млн. м³ відповідно становитимуть: 1,52 x 86 = 130,72 млн. грн.

Загальна вартість подачі води на розбавлення шахтної води та підтримки якості води на рівні нормативних вимог на період забору води на зрошення по даному варіанту становить:

$$4,0 + 7,19 + 239,43 + 12,5 + 130,72 = 393,84 \text{ млн.грн.}$$

Сумарний скид шахтних та зворотних вод становитиме: $12,4 + 2,5 = 14,9$ млн. м³. Вартість розбавлення 1 м³ шахтної та зворотної води становитиме $383,52 / 14,9 = 25,74$ грн.

В разі відсутності періодичного скиду зворотних вод зі шламосховища ПРАТ «ПівніГЗК» загальна вартість подачі води на розбавлення шахтної води та підтримки якості води на рівні нормативних вимог на період забору води на зрошення становитиме: $7,19 + 239,43 + 12,5 = 259,12$ млн.м³.

Собівартість розбавлення 1 м³ шахтної води становитиме: $259,12 / 12,4 = 20,9$ грн.

Таблиця 19 демонструє зведені витрати по варіанту покращення наявної системи з розширеним періодичним скидом.

Таблиця 19 Витрати по варіанту з розширеним періодичним скидом

Стаття витрат	Скид шахтних вод зі ставка-накопичувача та зворотних вод зі шламосховища ПРАТ «ПівніГЗК»		Скид шахтних вод зі ставка-накопичувача	
	Річний обсяг подачі води, млн.м ³	Річні експлуатаційні витрати, млн. грн.	Річний обсяг подачі води, млн.м ³	Річні експлуатаційні витрати, млн. грн.
Подача води з Макортівського водосховища	16,0	4,0		
Скид зворотних вод зі шламосховища ПРАТ «ПівніГЗК»	2,5			
Подача води по каналу Дніпро – Кривий Ріг (з Південного водосховища по 33 каналу)	86,0	130,72		
Подача води по каналу Дніпро-Інгулець	347,0	239,43	347,0	239,43
Залучення води з Карачунського водосховища для розбавлення ШВ за рахунок власного стоку річки Інгулець	50,0	12,5	50,0	12,5
Скид шахтних вод зі ставка-накопичувача у р.Інгулець	12,4	7,19	12,4	7,19
Сумарні річні експлуатаційні витрати		393,84		259,12

4 СКИДАННЯ ВОДИ З СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА У ЧОРНЕ МОРЕ (A2A)

Ця альтернатива передбачає спрямувати весь обсяг шахтних вод, що відкачується в Кривбасі в ставок-накопичувач, розташований на південь від м. Кривий Ріг, в балці Свистунова Широківського району Дніпропетровської області, з організацією відкачки з ставка-накопичувача постійного потоку шахтних вод в південному напрямку для відведення їх в Чорне море.

Для розрахунку прогнозного обсягу утворення, акумуляції та відведення шахтних вод Кривбасу були проаналізовані фактичні обсяги відкачки шахтних вод в північному та південному напрямках відкачки за останні роки (Таблиця 1).

Зважаючи на застарілу і значно зношену систему транспортування (перекачки) шахтних вод, яка потребує модернізації та реконструкції, а також враховуючи наявні проблеми з використанням шахтних вод в зворотному водопостачанні на ПРАТ «ПІВНГЗК» з виникненням періодичної потреби у скиді надлишку зворотних вод з хвостосховища комбінату в р. Саксагань, при опрацюванні даного напрямку робіт, доцільно розгляди перенаправлення всього обсягу шахтних вод до ставка-накопичувача з наступним їх відведенням до Чорного моря. Виключенням може бути лише шахта «Першотравнева-дренажна» ПРАТ «ПІВНГЗК», яка відокремлена від інших шахт і самостійно відкачує 0,6-0,7 млн.м³ шахтних вод на рік та транспортує їх в хвостосховище комбінату. Таким чином прогнозний річний обсяг відведення та скиду надлишкових шахтних вод складатиме 15,0-16,0 млн.м³ (0,45-0,50 м³/с).

Для розрахунку прогнозних показників вмісту хлоридів, сульфатів і мінералізації були проаналізовані наявні данні хімічного складу шахтних вод що відкачувалися з надр Кривбасу за останні 5 років та з застосуванням балансового методу був розрахований прогнозний хімічний склад по хлоридам, сульфатам, мінералізації шахтних вод для ставка-накопичувача, з врахуванням переорієнтування північного потоку шахтних вод в ставок-накопичувач (Таблиця 20).

Таблиця 20 Прогнозная якість води

Загальні обсяги надходження шахтних вод, тис.м ³	Вміст хлоридів, мг/л	Вміст сульфатів, мг/л	Мінералізація, мг/л
16237,67	20700	1480	38750

Виходячи з загальних обсягів та з урахуванням можливих несуттєвих втрат води на випаровування та транспортування середньорічні витрати становитимуть 0,5 м³/с, або 30,0 м³/хв.

Зважаючи на обмеженість наявної інформації по сольовому складу води у Чорному морі та Дніпровсько-Бугському лимані, прийняті середньорічні показники по загальній мінералізації, наведені нижче.

Чорне море, належить до найменш солоних морів світу, хоча показники солоності в ньому різні, залежно від глибини. Середній показник солоності – 17 – 18 г/л. Поверхневі шари Чорного моря містять до 17 грамів солі на літр води.

Згідно багаторічних спостережень поверхневий стік у Дніпровсько-Бугському лимані складається зі стоку таких річок:

- Дніпро - 93,5 %;
- Південний Буг - 5,7 %;
- Інгул - 0,5 %;
- Інгулець - 0,3 %.

На основі цих даних можна стверджувати, що в основному, Дніпро формує якісні характеристики східної частини Дніпровсько-Бугського лиману.

Середя солоність води (загальна мінералізація) Дніпровсько-Бугського лиману становить 3,6 г/л. Але в різних районах лиману, в залежності від переважання прісних річкових чи морських водних мас, солоність відрізняється:

- східний район (дніпровський) - 1-3,3 г/л (буває менше 1 г/л- за значних попусків з Каховського водосховища);
- центральний - 1-6 г/л;
- західний - 1-11 г/л;
- північний (бузький) - 2-10 г/л.

Найбільші показники солоності характерні для періоду липень-грудень, коли скорочуються попуски з Каховського водосховища. Характерним є проникнення в лиман чорноморської води придонним шляхом (середньорічна солоність придонних шарів 4,3 г/л).

4.1 ВИБІР ТОЧКИ СКИДУ

Аналізуючи наявні планові матеріали М 1:100000, місцем скиду високомінералізованих шахтних вод може бути точка, розташована між населеними пунктами Очаків та Куцуруб. Даний варіант на плані позначений синім кольором та літерою «D» (Малюнок 26). Такий варіант вибору місця скиду оптимальний з точки зору довжини траси. Фактично біля Очакова закінчується Дніпровсько-Бугський лиман та починається акваторія Чорного моря. Зміщення точки скиду в західному напрямку значно подовжить трасу. Окремо слід зазначити, що у західному напрямку виникає необхідність додатково перетинати лимани, що ускладнює рельєф траси. Тому, з точки зору будівництва, це може викликати потребу у будівництві додаткових насосних станцій та більш складних споруд по перетину водних об'єктів.

Іншою можливою проблемою може бути низька розбавляюча здатність морської води, що створить у місці скиду досить велику зону з підвищеною мінералізацією. Як наслідок, це може негативно вплинути на водну фауну та флору даної ділянки моря.



Малюнок 26 Варіанти точки скиду до Чорного моря

Альтернативно точка скиду може бути розташована у Дніпровсько-Бугському лимані. На плані даний варіант позначений коричневим кольором та літерою «Е» (Малюнок 26). Скид розташований на межі впадіння річок Дніпро та Південний Буг у Чорне море. Даний варіант теж можна віднести до варіанту скиду в Чорне море оскільки в даному лимані постійно присутній вплив моря. Так, при вітрах північно-східного та східного напрямків морська вода перемішана з водою річок періодично доходить по руслу річки Південний Буг до м. Миколаїв, а по руслу Дніпро – до Херсона. Про те, у даного варіанту є деякі переваги у порівнянні з варіантом «D». Першою перевагою є значно вища здатність води у лимані для розбавлення, зважаючи на постійний притік по Південному Бугу та Дніпру. Іншою перевагою є постійні зміни солоності води у лимані, пов'язані з нагонами морської води. Це створимо умови для пристосування місцевої іхтіофауни до постійних змін навколишнього середовища, а саме – солоності води. Окремо слід зазначити, що прокладання траси у порівнянні з варіантом «D», буде коротшим, відпадає потреба у перетині таких водних об'єктів, як річки Інгул та Південний Буг.

Відповідно до аргументів, наведених вище, та по узгодженню з Робочою Групою, ДМТ вважає більш ефективним варіант «Е». При прокладанні траси відстань буде найкоротшою. Відпадає потреба у перетині двох великих водних об'єктів. За рахунок інтенсивного змішування розбавлення відбудеться більш рівномірно до концентрацій, близьких до морської води, що не повинно створювати проблем для місцевої фауни та флори, яка адаптовано до постійної зміни складу води.

4.2 ЯКІСТЬ ВОДИ В ПУНКТІ СКИДУ

Основним екологічним ризиком при скиданні шахтних вод до Дніпро-Бузького лиману може стати неприпустиме підвищення мінералізації вод лиману, у першу чергу біля точки скидання, що може негативно вплинути на місцеву водну екосистему. Тому метою даної оцінки є розрахунок параметрів зони підвищеної мінералізації біля точки скидання шахтних вод.

4.2.1 ГІДРОДИНАМІЧНІ УМОВИ У ЗОНІ СКИДАННЯ.

Обидва місця точки скиду («D» та «E») розташовані у зоні уповільнення швидкості течії, яка визначається переважно витратою р. Дніпро ($Q_D = 1670 \text{ м}^3/\text{добу}$). Ширина лиману біля точки «E» найбільша $B_L = 15000 \text{ м}$, а поблизу точки «D» вона зменшується до $6000 - 10000 \text{ м}$. Згідно загальнодоступної інформації середня глибина у лимані $h_L = 6-7 \text{ м}$, а найбільша глибина – 12 м . Відносно невелика глибина в умовах впадіння трьох річок та активного судноплавства сприяє перемішуванню солоних вод у водах лиману.

Попередню прогнозну оцінку зони підвищеної мінералізації у ДБЛ поблизу точки скиду можна отримати на основі математичної моделі двовимірної в плані турбулентної дифузії та переносу нейтральної домішки у неглибокому шарі водного середовища (Марчук Г.І. 1980, Дружинин Н.І. та Шишкін А.І., 1989, Хубларян М.Г. 1991), що цілком відповідає гідродинамічним умовам біля пропонуваніх місць скиду. Більш детальні прогнози мають враховувати складну геометрію берегової лінії, зумовлену цим змінну у просторі та часі течію води, у тому числі тимчасові інтрузії морської води до лиману. Це може бути враховано за допомогою чисельних гідродинамічних моделей.

4.2.2 ПРИПУЩЕННЯ ПРИ РОЗРАХУНКУ.

Вважається, що біля точки скиду відбувається повне вертикальне перемішування, отже, обчислюється збільшення мінералізації, осередненої за глибиною.

Джерело надходження шахтних вод вважається точковим, а місце скиду можна розглядати як гідродинамічно пасивне джерело нейтральної домішки (солі), що практично не змінює картину течії у ДБЛ, зважаючи на співвідношення витрат води у лимані та витрати скиду шахтних вод.

Фонова мінералізація у воді лиману не впливає на підвищення мінералізації, тому воно розраховується незалежно від фонові мінералізації.

Приймаються середні з можливого діапазону та найменші можливі значення параметрів переносу (швидкості течії та коефіцієнту турбулентної дифузії у водному середовищі), що відповідають типовим та несприятливим умовам для розсіювання у ДБЛ.

Результати розрахунку в цілому залишаються дійсними й за наявності крижаного покриття, але при цьому слід зважати на зменшення коефіцієнту турбулентної дифузії приблизно вдвічі, що зменшує ступінь розсіювання солей у потоці під кригою. Тривалість крижаного покриття можна оцінити у 2-6 тижні протягом зимового періоду, зважаючи на середню температуру зими у цьому районі біля -2°C та підвищену солоність води у лимані.

4.2.3 ПАРАМЕТРИ РОЗРАХУНКУ ЗОНИ ПІДВИЩЕННЯ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ.

Для зони біля місця скиду (ближче до берега) слід приймати менше значення середньої глибини, отже, для розрахунків приймається $h_L = 6$ м. Середня швидкість v_L у лимані оцінюється так $v_L = Q_D / (B_L \cdot h_L) = 1,86$ см/с. Навіть з урахуванням витрат річок Південний Буг, Інгулець та Інгул середня швидкість у лимані не перевищує 2 см/с, а у звужених місцях – 3 см/с.

Разом з тим, слід зважати на нерівномірність розподілу швидкості за перетином та її уповільнення ближче до берегу, де пропонується розмістити точку скиду. Тому швидкість течії для несприятливих умов розсіювання можна прийняти 1 см/с, беручи до уваги те, що точки скиду пропонується розмістити у місцях з відносно активним водообміном (поблизу впадіння р. Південний Буг до ДБЛ та перед виходом ДБЛ у відкрите море). Витрата шахтних вод, що скидаються до ДБЛ, оцінена у $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$, а їх мінералізація – 40 г/л (експертна оцінка на даний момент середньої мінералізації $38,75$ г/л з урахуванням очікуваного збільшення мінералізації через збільшення гірничих робіт та мінералізації шахтних вод), ці параметри вважаються сталими у часі.

Коефіцієнт турбулентної дифузії у водному середовищі було оцінено на основі емпіричних формул (Фролов В.А. та Родзиллер И.Д., Фильковская Л.Н. та ін. 1981), отриманих для річкових потоків у досить широкому діапазоні, $0,001 - 2,8 \text{ м}^2/\text{с}$. з урахуванням макромасштабного перемішування у лимані при впадінні р. Південний Буг (точка «Е») та біля виходу лиману до моря (точка «D»), а також пропонованого скидання у верхні, більш нагріті шари з більш інтенсивним перемішуванням для типових умов розсіювання було прийнято значення цього параметра $0,1 \text{ м}^2/\text{с}$ влітку та $0,05 \text{ м}^2/\text{с}$ взимку. Слід зважати на те, що точки скиду розташовані біля моря, а для морів інтенсивність перемішування, як правило, вища за рахунок кропомасштабних флуктуацій течії.

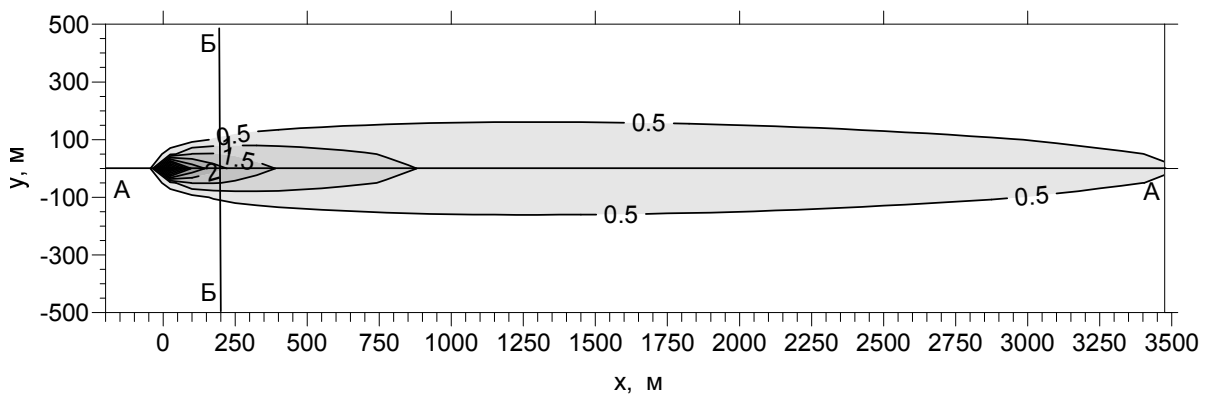
Розрахунки виконані для періоду прогнозу до двох тижнів, оскільки 1) квазістаціонарний розподіл за результатами фізичного та чисельного моделювання встановлюється за кілька діб, та 2) на більш тривалих періодах внаслідок мінливості напрямку й сили вітру можуть відбуватися зміни течії та відповідне переміщення зони підвищеної мінералізації.

4.2.4 РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ.

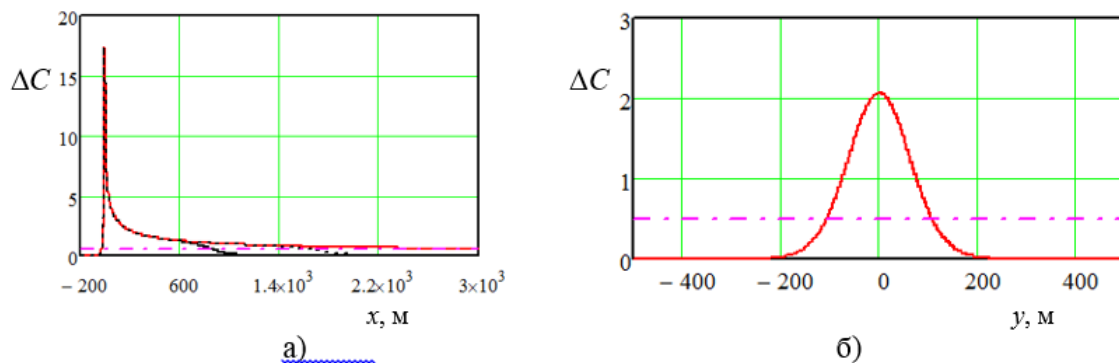
Розрахунки проводилися у системі MathCad 14. Для попередньої оцінки через брак вихідних даних для обох точок приймалися однакові значення параметрів переносу. Для точки «D»

біля Очакова фонові мінералізація становить 10 г/л, для точки «Е» біля впадіння Південного Бугу у лиман – 3,6 г/л.

Результати розрахунку зони підвищеної мінералізації в односпрямованій течії з усталеною швидкістю біля точки скиду, координати якої (0,0), показані на рис. 1 та 2. Зона з перевищенням 0,5 г/л відносно фонові мінералізації формується протягом кількох днів. Довжина зони становить близько 3500 м, а її ширина – до 260 м. Фактично через одну-дві доби відбувається стабілізація зони, а її контури практично не змінюються, лише повільно витягуючись вниз за течією. Максимальне підвищення мінералізації біля точки скиду становить 15-18 г/л, а площа зони з підвищенням мінералізації у 0,5 г/л сягає 90,5 га, з підвищенням мінералізації на 1 г/л – 11,2 га. Для умов розсіювання взимку через менше розсіювання довжина зони з підвищенням мінералізації на 0,5 г/л може зрости до 6500 м, а її площа сягне до 167 га; площа зони з підвищенням мінералізації на 1 г/л – до 14,6 га. Площа зони з максимальної мінералізацією оцінюється у 2-3 га.



Малюнок 27 Контури зони підвищення мінералізації



Малюнок 28 Зміна підвищення мінералізації (г/л)⁸

Для більш несприятливих умов розсіювання при слабкому вітрі та штилі, яким відповідає мінімально можливий коефіцієнт турбулентної дифузії у воді для даних умов $0,001 \text{ м}^2/\text{с}$ зона з підвищенням мінералізації понад $0,5 \text{ г/л}$ матиме довжину до $12\,000 \text{ м}$ і максимальну ширину до 320 м , а її площа сягатиме 212 га . Форма її буде аналогічною до зображеної на рис. 1. Максимальне підвищення мінералізації на відстані не більше кількох десятків метрів від точки скиду у цьому випадку може сягнути $15\text{-}20 \text{ г/л}$.

Фактично через макромасштабні флуктуації струмів мінералізованих вод буде розпадатися на кілька менших змінних у просторі й часі струменів відповідно до локальних особливостей течії, рельєфу дна, особливостей вітру тощо.

Різниця між варіантами розташування точки скиду полягає у різному збільшенні відносно фонові природної солоності води. Для точки «D» біля Очакова з фонові мінералізацією 10 г/л підвищення на $0,5 \text{ г/л}$ буде менше 5% , для точки «Е» біля впадіння Південного Бугу у лиман з фонові мінералізацією $3,6 \text{ г/л}$ збільшення буде відносно більш істотним – до 14% , тобто потенційно більш відчутним для локальної водної екосистеми.

4.2.5 ВИСНОВКИ.

Попередній прогностичний розрахунок підвищення мінералізації води у водах ДБЛ поблизу пропонуваніх точок скиду виконано на основі математичної моделі неусталеної горизонтальної турбулентної дифузії та переносу у неглибокому шарі води за несприятливих умов для розсіювання мінералізованих вод при середніх та мінімально можливих значеннях гідродинамічних параметрів переносу у даному районі.

⁸ за напрямком течії – уздовж профілю А–А (а) та поперек течії – уздовж профілю Б – Б (б). Чорна суцільна лінія – розподіл підвищення мінералізації через 1 добу з початку скидання, чорна штрихова – через 2 доби, червона суцільна крива – через 2 тижні.

Результати розрахунку вказують на можливість формування зони з підвищеною мінералізацією у водах лиману та її стабілізацію через кілька днів. Для середніх значень коефіцієнта турбулентної дифузії довжина зони з підвищенням мінералізації на 0,5 г/л становитиме до 3500 м, а ширина – до 300 м. Площа зони з підвищенням мінералізації на 1 г/л не перевищуватиме 10-15 га. Для найменш можливих у даному випадку значень коефіцієнта турбулентної дифузії довжина аналогічної зони сягне 12000 м, а її площа – близько 210 га. Зважаючи на загальну площу ДБЛ понад 1000 км², ця зона матиме виключно локальне значення і не вплине суттєво на загальний гідрохімічний фон у ДБЛ.

Підвищення загальної мінералізації на 0,5 г/л в достатньо локальній ділянці Дніпро-Бузького Лиману не може викликати будь-які негативні наслідки для біоценозу лиману. Також, навряд лі можливо чикати негативних екологічних наслідків для біогеоценозу лиману при підвищенні загальної мінералізації до 1 г/л на ще меншій ділянці загальною площею 10-15 га.

Більш детальний прогноз на основі чисельних моделей гідродинаміки може уточнити, головним чином, контури зони розсіювання шахтних вод, але він не буде принципово відрізнятися від наведеного вище прогнозу для односпрямованої течії за загальними характеристиками: розмірами зони підвищеної мінералізації та середніми значеннями мінералізації води в неї.

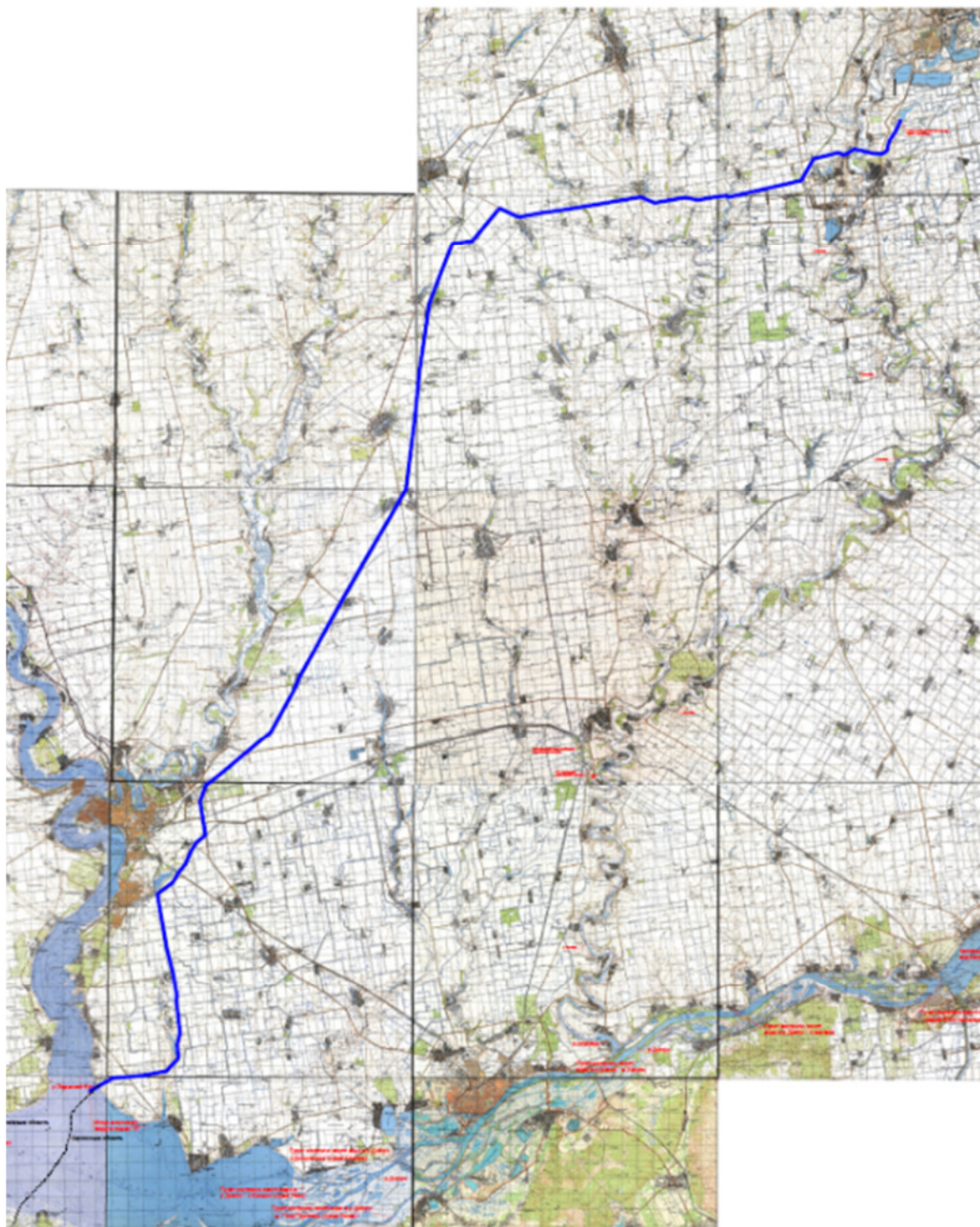
Суттєвим чинником інтенсифікації перемішування в умовах ДБЛ є тимчасові зміни напрямку течії під впливом вітру та підйом морських вод до лиману і навіть до м. Миколаїв, а також досить активне судноплавство у цьому районі. Це може сприяти інтенсивному перемішуванню і швидшому винесенню солоних вод від точки скиду.

У разі розсіяного скидання до верхніх шарів води інтенсивність розсіювання буде більшою за рахунок швидшого перемішування у верхніх шарах, зумовленого впливом вітру, більшим прогріванням, та судноплавством тощо.

4.3 СХЕМА ТРУБНИХ ТРАС

Місце скиду розташоване на кордоні Миколаївської та Херсонської областей за межами Нижньодніпровського національного парку. Трасування водоводу було виконано на планових матеріалах М 1 : 100 000. (Малюнок 29) Довжина траси орієнтовно склала 190,0 км. Зважаючи на характер об'єкту та необхідність забезпечення його роботи протягом року без зупинок прокладання водоводу передбачено у дві нитки.

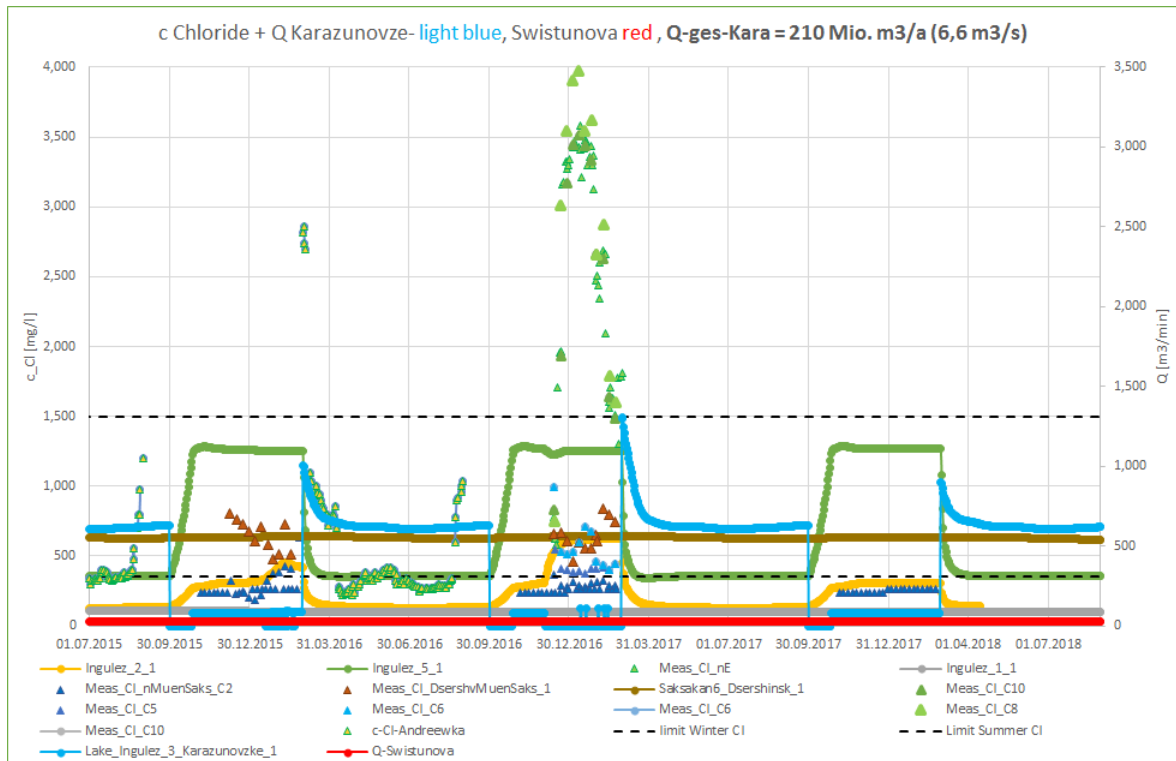
На сьогодні оптимальним виглядає застосувати трубопровід з пластикових труб, який крім стійкості від корозії має кращі показники по шорсткості, що у свою чергу, знижує втрати напору по довжині. На даному етапі проекту розглядалися декілька діаметрів труб, а саме 500, 600, 700, 800, 900 та 1000 мм. На основі розрахунків можливих втрат по довжині трубопроводу та місцевих втрат було визначено загальні втрати по довжині для кожного діаметру.



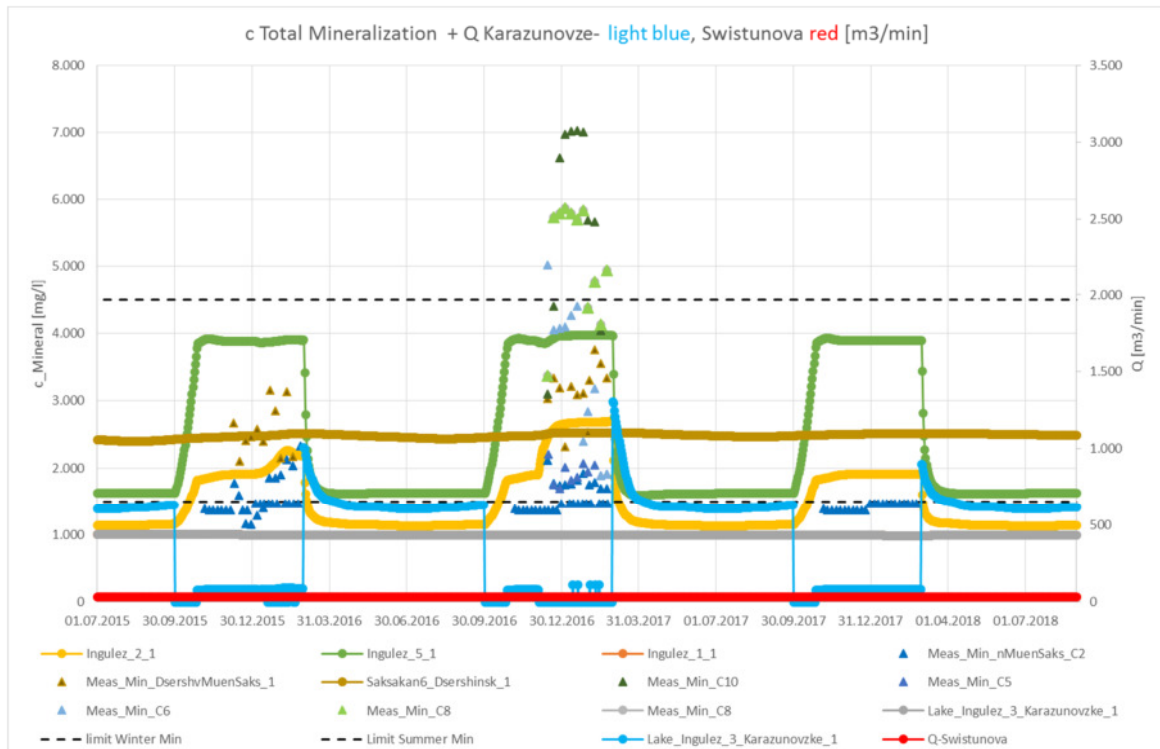
Малюнок 29 Схема трубої траси до Чорного моря

4.4 ЯКІСТЬ ВОДИ В РІЧЦІ ІНГУЛЕЦЬ

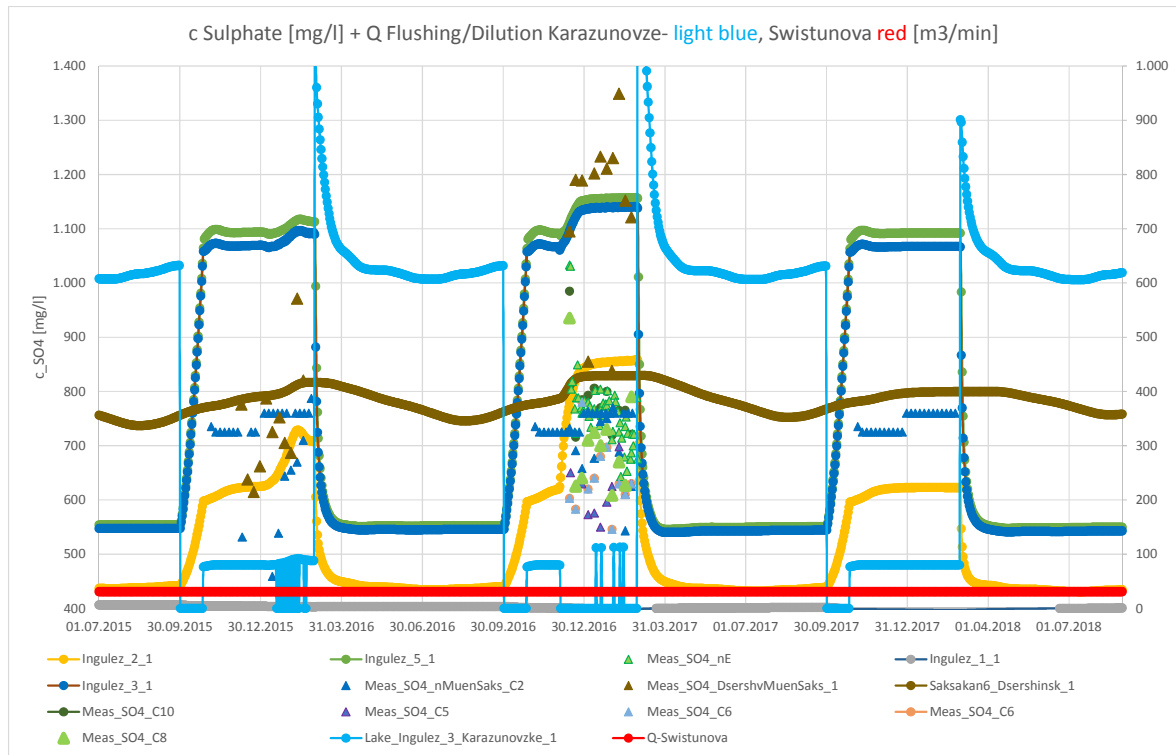
Якість води у р. Інгулець моделювалася аналогічно до варіантів покращення існуючої системи акумулювання та скиду шахтних вод (Розділ 3.1). Значення кольорів та графіків також збережено. Наступні діаграми демонструють результати моделювання якості в річці за відсутності скидання шахтних вод в Інгулець.



Малюнок 30 Концентрація хлоридів в р. Інгулець без скидання шахтних вод



Малюнок 31 Загальна мінералізація в р. Інгулець без скидання шахтних вод



Малюнок 32 Концентрація сульфатів в р. Інгулець без скидання шахтних вод

Як видно з результатів моделювання, навіть без скидання шахтних вод до р. Інгулець потрібно буде подавати близько 210 млн. м³ на рік води з Карачунівського водосховища. Така кількість води буде потрібна для розбавлення фонових концентрацій у річці, що формуються іншими забруднювачами, до нормативних границь (Розділ 3).

Таким чином, в період зрошення очікувані концентрації в р. Інгулець становитимуть для хлоридів 350 мг/л, для загальної мінералізації – близько 1 600 мг/л. В зимній період для хлоридів 1 200 мг/л, для загальної мінералізації – близько 4 000 мг/л

4.5 АНАЛІЗ ЗАКОНДАВЧИХ ОБМЕЖЕНЬ

З метою оцінки лімітуючих умов для скидання шахтних вод (ШВ) у водні об'єкти, в тому числі в Чорне море ДМТ був проведений аналіз наступних законодавчих актів:

- Конвенція про захист Чорного моря від забруднення;
- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»;
- Водний кодекс України;
- Закон України «Про природно-заповідний фонд України».

4.5.1 КОНВЕНЦІЯ ПРО ЗАХИСТ ЧОРНОГО МОРЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ.

У вступній частині Конвенції говориться, що, з огляду на, що чорноморське узбережжя є великим міжнародним курортним районом, де причорноморські держави вклали великі кошти в охорону здоров'я і розвиток туризму, а також з огляду на особливі гідрологічні та екологічні умови Чорного моря, підвищену чутливість його флори і фауни до зміни температури і складу морської води, країни причорноморського узбережжя (далі Сторони) прийняли цю Конвенцію з метою мінімізації впливу на Чорне море різних антропогенних і техногенних факторів.

Тут також зазначається, що забруднення морського середовища Чорного моря відбувається також з джерел, що знаходяться на суші в інших країнах Європи, головним чином через ріки,

У **Статті 1-ої** йдеться, що для цілей цієї Конвенції посилення на Чорне море включає територіальне море та виключно економічну зону кожної Договірної Сторони в Чорному морі. Разом з тим, будь-яким протоколом до цієї Конвенції може бути передбачене інше для цілей такого протоколу.

У **статті 2-й** дається розшифровка поняття «Забруднення морського середовища», а саме "Забруднення морського середовища" означає привнесення людиною, прямо чи посередньо, речовин або енергії в морське середовище, включаючи естуарії, яке призводить або може призвести до таких згубних наслідків, як шкоди живим ресурсам і життю в морі, небезпека для здоров'я людини, створення перешкод для діяльності на морі, в тому числі для рибальства та інших правомірних видів використання моря, зниження якості використовуваної морської води та погіршення умов відпочинку».

Виходячи зі **Статті 2-ої** необхідно визначити які ж речовини можуть «призвести до таких згубних наслідків, як шкода живим ресурсам і життю в морі, небезпека для здоров'я людини?». Відповідь на це питання дається в Протоколі «Про захист морського середовища Чорного моря від забруднення з наземних джерел», який є невід'ємною частиною Конвенції. У Додатках 1 і 2 до цього Протоколу дається перелік речовин, який цією Конвенцією відносяться до факторів забруднення морського середовища. Прямий текст цих Додатків до Протоколу найкраще дає уявлення про ці речовини, тому наводимо їх повністю:

Додаток I Небезпечні речовини та матеріали

Наступні речовини або групи речовин відібрані переважно з урахуванням їх токсичності, стійкості та біоаккумуляційних характеристик.

Цей Додаток не застосовується до скидань, що містять перелічені речовини і матеріали в кількостях нижче встановлених разом Сторонами меж, що не перевищують екологічних фонових концентрацій.

- 1. Оловоорганічні з'єднання.*
- 2. Органогалогенні з'єднання типу ДДТ, ДДУ, ДДД, ПХБ.*
- 3. Стійкі фосфороорганічні з'єднання.*
- 4. Ртуть і ртутні сполуки.*
- 5. Кадмій і кадмієві сполуки.*

6. Стійкі речовини, які мають доказані канцерогенні, тератогенні або мутагенні властивостями.
7. Відпрацьовані масла.
8. Стійкі синтетичні матеріали, що можуть плавати, тонуть або лишатися у підвішеному стані.
9. Радіоактивні речовини і відходи, в тому числі відпрацьоване радіоактивне паливо.
10. Свинець і сполуки свинцю.

Додаток II Отруйні речовини і матеріали

Наступні речовини і матеріали відібрані головним чином на основі критеріїв, використаних у Додатку I, з урахуванням того факту, що вони є менш шкідливими або швидко знешкоджуються в результаті природних процесів.

Контроль за скиданням речовин і матеріалів, згаданих у даному Додатку, і суворе обмеження таких скидань здійснюється відповідно до Додатку III до цього Протоколу.

1. Біоциди та їхні похідні, не охоплені Додатком I.
2. Ціаніди, фториди і елементарний фосфор.
3. Патогенні мікроорганізми.
4. Детергенти і їх поверхнево-активні речовини, не піддаються біологічному розкладанню.
5. Скиди охолоджуючих вод.

Як видно з наведеного переліку цих речовин, скидання яких забороняється Конвенцією і нею ж визначається, як «забруднюючі Чорне море речовини» жодна речовина ні з Додатка I, ні з Додатку II невідомі в складі шахтних вод Кривбасу. Це природно, тому що, згідно з Водним Кодексом України (детально в наступному розділі), шахтні води не відносяться до стічних вод, а належать до зворотних природних вод.

Далі, в **Стаття XIII** «Захист морських живих ресурсів», йдеться про те, що особливу увагу необхідно звернути на те, «... Щоб не завдати шкоду життю в морі та живим ресурсам, зокрема шляхом зміни середовища їх проживання і утворення перешкод для рибальства та інших правомірних видів використання Чорного моря, і в зв'язку з цим повинні приділяти належну увагу рекомендації компетентних міжнародних організацій».

Однак, скидання шахтних вод жодним чином не може привести до «... зміни середовища проживання живих ресурсів моря і створення перешкод для рибальства та інших правомірних видів використання Чорного моря» з тієї простої причини, що якісний склад шахтних вод і морської води, практично ідентичний, а ступінь розведення шахтних вод у воді Чорного моря (наприклад, розсіяним випуском на відстані 500-700 м від берега) буде настільки велика, що негативний вплив на живі організми (біоценоз) Чорного моря не буде відчуватися.

Так само в **Стаття XXIV** говорить, що «... ніщо в цій Конвенції ніяким чином не зачіпає суверенітету держав над їх територіальним морем, встановленого відповідно до міжнародного права, суверенного права та юрисдикції, якими володіють держави в їх виняткових економічних зонах і на їх континентальному шельфі відповідно до міжнародного права ... » з чого, на наш погляд слід, що скидання в Чорне море шахтних вод Кривбасу, які не містять ре-

човини які включено в I-й і II-й Додатки Протоколу «Про захист морського середовища Чорного моря від забруднення з наземних джерел», може вирішувати уряд України самостійно.

4.5.2 ВОДНИЙ КОДЕКС УКРАЇНИ

У Водному кодексі України (ВКУ) дуже чітко дано визначення таких понять до «вода зворотня», «вода стічна» і до якої категорії відносяться шахтні води.

Так, в Главі 1, стаття 1 «Визначення основних термінів» вказується, що «... вода зворотня - це вода, яка повертається за допомогою технічних споруд і засобів з господарської ланки кругообігу води в його природні водні об'єкти у вигляді стічної, шахтної, кар'єрної чи дренажної води». Тобто, шахтні води є зворотними водами і повинні повертатися в водні об'єкти.

Там же йдеться, що «... вода стічна - вода, що утворилася в процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім шахтної, кар'єрної і дренажної води), а також, відведена з забудованої території, на якій вона утворилася внаслідок випадання атмосферних опадів».

Тут же дається визначення поняттю «водний об'єкт»: «... водний об'єкт - природний або створений штучно елемент довкілля, в якому зосереджуються води (море, річка, озеро, водосховище, ставок, канал, водоносний горизонт)».

Необхідно звернути увагу, що нормується гранично допустимий скид (ПДС) речовини в поворотній воді, який за визначенням СКУ представляє собою «... масу речовини в поворотній воді, максимально допустиму для відведення за встановленим режимом даного пункту водного об'єкта за одиницю часу». У цьому формулюванні, як ми бачимо, на відміну від Міжнародної Конвенції «Про захист Чорного моря від забруднення», не уточнюється про масу яких саме речовин йде мова, але, в будь-якому випадку, скидання дозволяється, але обсяг скидання лімітується дозволом на скидання, який видається або центральним органом виконавчої влади, до компетенції якого входить охорона водних ресурсів або його представницьким органом на місцях. ГДС обмежується лімітом скидання забруднюючих речовин, яким є «...граничний обсяг скиду забруднюючих речовин у поверхневі водні об'єкти, який встановлюється в дозволі на спеціальне водокористування».

У зв'язку з цим, розглянемо Статтю 48. Спеціальне водокористування. У цій статті йдеться про те, що «Спеціальне водокористування - це забір води з водних об'єктів із застосуванням споруд або технічних пристроїв, використання води та скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти, включаючи забір води та скидання забруднюючих речовин із зворотними водами із застосуванням каналів». Однак в цій же статті говориться, що «...до спеціального водокористування не відноситься вилучення води з надр разом з видобуванням корисних копалин», але нічого не говориться про скидання шахтних вод, які вилучені з надр разом з видобуванням корисних копалин.

Також в статті 1 визначається поняття «забруднюючої речовини - речовина, яка привносить у водний об'єкт в результаті господарської діяльності людини». Тут так само немає чіткого твердження, що шахтні води є результатом господарської діяльності, так як тоді вони ставилися б до категорії стічних вод, але шахтні води, як показано вище, Водним Кодексом

не віднесено до категорії стічних вод, хоча і містять високі концентрації солей, але не містять речовин, які є забруднюючими, що утворилися в результаті господарської діяльності людини, так як шахтні води, які ми розглядаємо, не беруть участі в технологічних процесах (збагаченні залізних руд, охолодженні технологічного обладнання і т.д.).

Виходячи з цього, ми вважаємо цілком допустимим скидання ШВ при розведенні до фонових концентрацій водного об'єкту, в який вони скидаються, або при швидкому досягненні фонових концентрацій водного об'єкту, наприклад, моря, з урахуванням їх розведення масою морської води.

У Статті 72 ВКУ «Умови скидання шахтних, кар'єрних і рудникових вод у водні об'єкти та повернення супутньо-пластових вод нафтогазових родовищ до підземних горизонтів» вказується, що «... Підприємства, установи та організації, які відкачують шахтні кар'єрні та рудникові води для запобігання затоплення шахт, кар'єрів і рудників при видобутку корисних копалин, зобов'язані впроваджувати ефективні технології, що забезпечують зниження рівня їх мінералізації перед скиданням у водні об'єкти ». На наш погляд, зниження рівня мінералізації шахтних в момент скидання за рахунок розведення морською водою, можна вважати виконанням цієї умови. У цій же статті говориться, що «... умови скидання цих вод у водні об'єкти встановлюються обласними, Київською, Севастопольською міськими державними адміністраціями, органом виконавчої влади Автономної Республіки Крим з охорони навколишнього природного середовища».

Таким чином, ВКУ не забороняє скидання шахтних вод у водні об'єкти, в тому числі в морські водойми, а регламентує їх скидання певними умовами.

Єдина заборона на користування водними об'єктами, в тому числі і скидання будь-яких видів вод, обумовлюється Статтею 54 Часткова або повна заборона користування водними об'єктами. а саме «*Користування водними об'єктами, які мають особливе державне значення, наукову або культурну цінність, а також входять до складу систем оборотного водопостачання теплових та атомних електростанцій, може бути частково або повністю заборонено в порядку, встановленому законодавством*».

У Главі 19. «Водні об'єкти природно-заповідного фонду» уточнюється (в статті 94) що охорона і використання водних об'єктів, віднесених до природно-заповідного фонду, регулюється Законом України "Про природно-заповідний фонд України". У цій же статті 94, йдеться про те, що «На водних об'єктах, віднесених до природно-заповідного фонду, забороняється здійснення будь-якої діяльності, що суперечить їх цільовим призначенням».

У зв'язку з цим логічно перейти до розгляду Закону України "Про природно-заповідний фонд України".

4.5.3 ЗАКОН УКРАЇНИ "ПРО ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД УКРАЇНИ".

Цей Закон визначає правові основи організації, охорони, ефективного використання природно-заповідного фонду України, відтворення його природних комплексів і об'єктів.

Природно-заповідний фонд становлять ділянки суші і водного простору, природні комплекси та об'єкти яких мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність і виділені з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного і рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонових моніторингу навколишнього природного середовища. У зв'язку з цим законодавством України природно-заповідний фонд охороняється як національне надбання, щодо якого встановлюється особливий режим охорони, відтворення і використання. Україна розглядає цей фонд як складову частину світової системи природних територій та об'єктів, що перебувають під особливою охороною.

Для цілей даного проекту, в тій його частині, яка стосується скидання шахтних вод у Чорне море, важливо точно знати, які об'єкти відносяться до природно-заповідного фонду України. Про це йдеться в статті 3 «Класифікація територій та об'єктів природно-заповідного фонду України». Згідно з цією статтею до природно-заповідного фонду України відносяться «природні території та об'єкти - природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища».

У зв'язку з тим, що одним з розглянутих варіантів скидання шахтних вод є скидання в нижню частину Дніпра або в Чорне море, вважаємо за необхідне більш детально розглянути режим національних парків. Це обумовлено тим, що в 2015 році був створений Нижньодніпровський Національний парк, в який входить акваторія Дніпра від греблі Каховської ГЕС, включаючи Дніпровський затоку і Дніпро-Бузький лиман, аж до кордону Херсонської області по акваторії.

Відповідно до Статті 20. «Статус і завдання національних природних парків» Національні природні парки є природоохоронними, рекреаційними, культурно-освітніми, науково-дослідними установами загальнодержавного значення, що створюються з метою збереження, відтворення і ефективного використання природних комплексів та об'єктів, які мають особливу природоохоронну, оздоровчу, історико-культурну, наукову, освітню та естетичну цінність. При створенні Національних парків, ділянки землі і водного простору з усіма природними ресурсами і об'єктами вилучаються з господарського використання і надаються національним природним паркам у порядку, встановленому цим Законом та іншими актами законодавства України.

У структурі Національних парків, згідно Статті 21 виділяються наступні зони: заповідна зона, зона регульованої рекреації, зона стаціонарної рекреації господарська зона. З точки зору завдання можливості скидання шахтних вод в нижню частину Дніпра або Чорне море, представляється необхідним більш докладно розглянути статус господарської зони.

У тій же статті 21 говориться, що «в межах господарської зони (наше примітка - нею може бути і частина акваторії парку) проводиться господарська діяльність, спрямована на виконання покладених на парк завдань, знаходяться населені пункти, об'єкти комунального призначення парку, а також землі інших землевласників та землекористувачів, включені до складу парку, на яких господарська та інша діяльність, здійснюється з дотриманням вимог і обмежень, встановлених для зон антропогенних ландшафтів біосферних заповідників».

Як бачимо в господарській зоні немає повної заборони на ряд видів господарської діяльності, до якої, ми вважаємо можна віднести і надходження в цю господарську частину акваторії високомінералізованих шахтних вод.

Це підтверджується статтею 9-1 цього Закону. *«Спеціальне використання природних ресурсів у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду»*. У цій статті йдеться про те, що Спеціальне використання природних ресурсів, а скидання шахтних вод цілком можна віднести до використання ресурсів господарських акваторіальних зон, в межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду здійснюється в межах ліміту та на підставі дозволу на спеціальне використання природних ресурсів у межах територій і об'єктів природно-заповідного фонду.

Спеціальне використання природних ресурсів у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду загальнодержавного значення здійснюється в межах ліміту на використання природних ресурсів у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду, затвердженого центральним органом виконавчої влади в галузі охорони навколишнього середовища, а також на підставі дозволів, які видаються органом виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища Автономної Республіки Крим та територіальними органами центрального органу виконавчої влади в галузі охорони навколишнього природного середовища. Порядок видачі дозволів на спеціальне використання природних ресурсів і встановлення лімітів на використання природних ресурсів у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду загальнодержавного значення визначається Кабінетом Міністрів України.

З наведених вище посилань на статті Закону України "Про природно-заповідний фонд України" скидання високомінералізованих шахтних вод в нижню акваторію Дніпра і в Чорне море можна здійснювати на підставі лімітові спеціальних дозволів, що затверджуються центральним органом виконавчої влади.

4.5.4 ЗАКОН УКРАЇНИ «ПРО ОХОРОНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА»

Цей Закон визначає основні принципи охорони навколишнього природного середовища України. Згідно статті 3 цими принципами є:

- а) пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість дотримання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності;
- б) забезпечення екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;
- в) попереджувальний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища.

Оскільки ставок-накопичувач ШВ в балці Свистунова відноситься до об'єктів підвищеної екологічної небезпеки, то будь-які заходи, спрямовані на зниження ризиків виникнення аварійних ситуацій, відповідають вимогам цього Закону. У нашому випадку, Нижній Дніпро або Чорне

море передбачається використовувати для скидання високомінералізованих ШВ, тобто вони (Дніпро і Чорне море) є реальними природними об'єктами водокористування.

Чи допускає даний Закон таке використання? У Законі не йдеться про якісь конкретні види використання природних, зокрема, водних ресурсів, але в статті 39, йдеться про те, що природними ресурсами загальнодержавного і місцевого значення є:

- а) територіальні та внутрішні морські води;
- б) поверхневі води, що знаходяться або використовуються на території більш як однієї області;
- в) природні ресурси континентального шельфу та виключної (Морський) економічної зони;
- г) підземні води;
- д) природні ресурси в межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду загальнодержавного значення та інші.

У статті 38 цього Закону «Загальне і спеціальне використання природних ресурсів» говориться, що використання природних ресурсів в Україні здійснюється в порядку загального і спеціального використання природних ресурсів. Скидання ШВ цілком можна віднести до спеціального виду використання водних ресурсів.

У Статті 43 «Ліміти використання природних ресурсів» визначається порядок використання природних, в тому числі водних, ресурсів, на підставі лімітів та дозволів: «ліміти використання природних ресурсів встановлюються в порядку, визначеному Верховною Радою Автономної Республіки Крим, обласними, міськими (міст загальнодержавного значення) радами, крім випадків, коли природні ресурси мають загальнодержавне значення. Ліміти використання природних ресурсів загальнодержавного значення встановлюються в порядку, що визначається Кабінетом Міністрів України».

Все, що стосується використання водних ресурсів визначається Водним Кодексом України, який розглянуто вище, і який повністю кореспондується з Законом «Про охорону навколишнього природного середовища».

Більш того, в статті 44 цього Закону визначаються і основні умови скидів забруднюючих речовин в навколишнє середовище на підставі лімітів та спеціальних дозволів центрального і місцевих органів влади. У зв'язку з цим ще раз підкреслимо, що ШВ не належать до стічних вод, так як не містять забруднюючих речовин техногенного походження, а містять лише природні речовини, але в підвищених концентраціях.

В даному законі, в статті 60, йдеться і про особливі умови охорони територій та об'єктів, що мають велику екологічну цінність, як унікальні та типові природні комплекси, для збереження необхідної екологічної обстановки, попередження та стабілізації негативних природних процесів і явищ. Такі території відносяться цим Законом до природно-заповідного фонду України, про що йдеться в Статті 61 «Природно-заповідний фонд України»: «... до складу природно-заповідного фонду України входять державні заповідники, природні національні

парки, заказники, пам'ятки природи, ботанічні сади, дендрологічні і зоологічні парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва, заповідні урочища.

Порядок організації, використання і охорони територій та об'єктів природно-заповідного фонду, додаткові їх категорії визначаються законодавством України», зокрема Законом України «Про природно-заповідного фонду України».

Цей Закон містить спеціальну Стаття 20. «Статус і завдання національних природних парків», яка визначає основні вимоги до використання і охорони природних ресурсів на територіях і акваторіях у межах національних парків.

Детально Закон України «Про природно-заповідний фонд України», в тому числі глава «Про національні парки» докладно розглянуті в попередньому розділі.

4.5.5 ВИСНОВКИ

На підставі вищевикладеного можна зробити наступні висновки:

1. Шахтні води не відносяться до стічних вод, так як не містять забруднюючі речовини техногенного або антропогенного походження.
2. У складі шахтних вод немає забруднюючих речовин, скидання яких в Чорне море заборонений міжнародною Конвенцією про захист Чорного моря від забруднення.
3. Водний Кодекс України дозволяє скидання зворотних вод, до яких відносяться і шахтні води, в поверхневі водні об'єкти, що регулюється спеціальними лімітами та дозволами центральних і місцевих органів влади.
4. Закон України «Про природно-заповідний фонд України», допускає скидання високомінералізованих шахтних вод в нижню акваторію Дніпра і в Чорне море, навіть в межах Нижньодніпровського національного парку, на підставі лімітів та спеціальних дозволів, що затверджуються центральним органом виконавчої влади.
5. Скидання шахтних вод в будь-яку точку акваторії Дніпра чи Чорного моря потребують спеціального дозволу центрального органу виконавчої влади, також, як спеціальним рішенням Мінприроди та Кабінету міністрів проводиться скидання шахтних вод в р. Інгулець в даний час.
6. Таке рішення може бути отримано на підставі якісних та кількісних характеристик шахтних вод, які, при дотриманні регламенту скидання, не приведуть до негативних екологічних та санітарно-гігієнічних наслідкам в басейнах скидання.

4.6 ВИТРАТИ

Для розрахунку прогнозного обсягу утворення, акумуляції та відведення шахтних вод Кривбасу були проаналізовані фактичні обсяги відкачки шахтних вод в північному та південному напрямках відкачки за останні роки. Очікуваний річний обсяг відкачки шахтних

вод у ставок-накопичувач – 15,8 млн.м³. Середньодобові (розрахункові) обсяги відкачки шахтних вод:

$$15800000 / (365 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$$

Витрати у водоводі для перекачки шахтних вод зі ставки-накопичувача у Чорне море з урахуванням втрат прийняті 0,5 м³/с.

Для перекачки передбачено застосувати насосні станції з витратою 0,5 м³/с та напором 90,0 м. Комплектування насосних станцій прийнято насосами 1Д630-90 оснащених електродвигунами АІР355S4.

Коротка технічна характеристика насосу 1Д630-90:

- Подача – 630 м³/год або 0,175 м³/с;
- Напір – 90 м;
- Насосний агрегат 1Д630-90 комплектується електродвигуном АІР355S4 250кВт на 1500 об/мин.
- Вага насосу - 530 кг.
- Вага агрегата 1Д630-90 - 2290 кг.

При комплектуванні насосних станцій передбачено встановити по 4 агрегати (3 основні та 2 резервний). Ця кількість впливає з вимо, встановленим ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування» п.9.1.3 таблиця 15, а саме: при перекачуванні агресивних стічних вод 3 насосними агрегатами необхідно передбачити 2 резервні.

На основі визначених параметрів типової насосної станції (НС) середній напір однієї насосної станції для розрахунків був прийнятий 85,0 м. Виходячи з середнього напору НС для кожного діаметру була визначена орієнтовна кількість насосних станцій, необхідних для перекачки шахтних вод витратою 0,5 м³/с, що дозволяє протягом року перекачати 15,8 млн.м³ шахтної води з урахуванням втрат води по трасі та в ставку-накопичувачу на рівні, що не перевищує 3,0%. Таблиця 21 демонструє розрахунок кількості насосних станцій.

Таблиця 21 Кількість насосних стацій в залежності від діаметра трубопроводу

Діаметр трубопроводу, мм	1000	900	800	700	600	500
Втрати тиску по довжині при подачі 0,5 м ³ /с, м/км	1,67	2,77	4,86	9,2	19,2	46
Втрати тиску по довжині з урахуванням місцевих втрат, м/км	2,09	3,46	6,08	11,5	24	57,5
Довжина траси, км	190	190	190	190	190	190
Сумарні втрати по довжині, м	396,6	657,9	1154,3	2185	4560	10925
Падіння рельєфу від ставка – накопичувача до місця скиду ШВ	70	70	70	70	70	70

Діаметр трубопроводу, мм	1000	900	800	700	600	500
Сумарні втрати напору по довжині з урахуванням падіння рельєфу, м	326,6	587,9	1084,3	2115	4490	10855
Кількість насосних станцій при напорі з урахуванням забору з басейнів (85 м)	4	7	13	25	53	128

Для орієнтовної оцінки вартості будівництва трубопроводу використано вартість водопровідних труб з поліетилену класу ПЕ 100 SDR 17 (1,0 МПа) наведених у прас-листі за березень 2017 року. Зважаючи на те, що при будівництві трубопроводу крім вартості труб необхідно враховувати вартість трубопровідної арматури (вантузи, водовипуски, засувки, камери переключання віток водоводу, упори на поворотах компенсатори, монтажні та земляні роботи тощо), вартість робіт по на основі кошторису на основі об'єкту аналогу (Проект Будівництва дощової каналізації на вул. Леніна (Харченко), вул. Промислова, мкр. Бортничі у Дарницькому районі м. Києва. Кошторис складений на грудень 2016 року), при будівництві якого використовуються труби, діаметром від 300 до 1200 мм з пластику встановлено, що по відношенню до вартості труб додаткові роботи складають 70%. Окремо слід зазначити, що вартість будівництва визначається по зведеному кошторисному розрахунку. По об'єкту аналогу визначено коефіцієнт переходу від вартості будівництва по локальному кошторису до вартості робіт по зведеному кошторисному розрахунку, який враховує додаткові витрати утримання служби замовника, проектно-вишукувальні роботи та експертизу, доплати та податки, і становить 1,37. Таким чином, якщо відштовхуватися від вартості труб то вартість будівництва складе $1,7 \cdot 1,37 = 2,33$. Зважаючи на те, що передбачається прокладання паралельно двох гілок трубопроводу, але з точки зору будівельних робіт прокладання другої гілки несе менше витрат по відношенню до 1 п.м. вартості труби, для подальших розрахунків застосовано коефіцієнт 1,8 по довжини водоводу. Тобто 1 нитка будується по $K=1$ а друга – по $K=0,8$, або сумарно – $K=1,8$. Таким чином орієнтовна вартість будівництва водовода у дві гілки прийнято $2,33 \cdot 1,8 = 4,2$ по відношенню до ціни труби відповідного діаметру, приведеному у прас-листі.

Для визначення вартості будівництва насосних станій були визначені об'єкти аналоги, які територіально розташовані в аналогічній кліматичній зоні:

- Сірогозький магістральний канал и зрошення земель у Херсонській та Запорізькій областях. Проект будівництва 1 черги – 1985 рік ,а саме в дві насосні станції з параметрами близькими по витратам та напорам, до тих,що передбачено для перекачки шахтних вод. Це насосна станція № 2 з витратами 0,55 м³/с та напором 93,0 м та НС №18 з витратами 0,46 м³/с та напором 91,0 м
- ТЕР «Великоолександрівський груповий водопровід в Херсонській області» перша черга будівництва – 1987 рік. – 3 насосні станції, а саме № 2, 3 та 4.

На основі аналізу встановлено, що вартість насосно-силового обладнання при будівництві насосної станції по 5 насосним станціям аналогам складала 18,0% від загальної вартості будівництва по локальному кошторису без урахування будівництва під'їзних доріг, ЛЕП, ТП, автоматизації, зв'язку, водо обліку та інших, менш значних елементів будівництва. На основі

аналізу встановлено, що вартість будівництва додаткових елементів складає від 50% до 100% від вартості будівництва насосної станції. Для подальших розрахунків біло прийнято, що вартість додаткових елементів становитиме 80% від вартості будівництва НС. Розрахунок для встановлення відсотка вартості насосно-силового обладнання у загальній вартості будівництва наведено у Таблиця 22.

Таблиця 22 Відсоток вартості встановлення насосно-силового обладнання

Номер НС	Вартість будівництва по локальному кошторису, тис.руб	У тому числі насосно-силове обладнання, тис.руб.	Розрахунковий середній % вартості насосно-силового обладнання у вартості будівництва насосної станції
Великоолександрівський груповий водопровід - НС 2	238,35	35,94	
Великоолександрівський груповий водопровід - НС 3	233,03	32,04	
Великоолександрівський груповий водопровід - НС 4	181,21	14,2	
Сірогозьський МК та зрошенню 1 черга будівництва НС 2	90,64	39,22	
Сірогозьський МК та зрошенню 1 черга будівництва НС 18	211,31	52,15	
Разом	954,54	173,55	0,18
Окремо врахувати ЛЕП та ТП. Автоматика, підїздна дорога тощо			вартість складає від 50 до 100% по відношенню до вартості будівництва НС (для подальших розрахунків приймаємо 1,8
Коефіцієнт вартості обладнання НС у загальній вартості будівництва з урахуванням допоміжних елементів на рівні локального кошторису			0,10

Таким чином типова вага вартості насосно-силового обладнання у вартості повного комплексу будівництва на рівні локального кошторису складе 10%.

Вартість 1 насосу з електродвигуном згідно прас-листа станом на березень 2017 р. складає 165,0 тис.грн. Коефіцієнт переходу від локального кошторису до зведеного кошторисного розрахунку прийнято аналогічно до розрахунку при визначенні вартості будівництва (Таблиця 23) водоводу $K=1,37$.

Таблиця 23 Вартість будівництва

Показники	Вартість будівництва, тис.грн.
Ціна одного насосу по прайсу,	165,0

Показники	Вартість будівництва, тис.грн.
Ціна насосів для НС (4 шт)	825,0
Вартість будівництва насосної станції по локальному кошторису К=0,10	8250,0
Коефіцієнт переходу від локального кошторису до зведеного кошторисного розрахунку	1,37
Вартість будівництва насосної станції по зведеному кошторисному розрахунку	11302,5

На основі укрупнених розрахунків для подальшого визначення вартості будівництва приймаємо вартість будівництва однієї насосної станції по перекачці шахтних вод з подачею 0,5 м³/с та напором до 90,0 м орієнтовно 11,3 млн. грн. Вартість перекачки в розмірі 1,4 грн. за м³ шахтної води на 2017 рік, встановлена КПП «Кривбаспромводопостачання» включає затрати на оплату електроенергії, затрати на експлуатацію насосних станцій та трубопроводів. Дана вартість прийнята у подальших розрахунках, як вартість перекачки 1 м³ шахтної води однією насосною станцією по трасі водоводу від ставка-накопичувача до Чорного моря і включає затрати на електроенергію та експлуатації насосної станції та ділянки водоводу, розташовану між насосними станціями (останньою насосною станцією та точкою скиду).

В Таблиця 24 наведено порівняння варіантів будівництва водоводу для відведення шахтних вод у Чорне море, щорічні витрати на його експлуатацію та собівартості перекачки 15,8 млн.м³ шахтної води на рік в залежності від діаметру трубопроводу. Для визначення собівартості взято припущення, що водовод буде експлуатуватися не менше ніж 15 років

Таблиця 24 Вибір діаметру трубопроводу

Діаметр трубопроводу, мм	1000	900	800	700	600	500
Довжина трубопроводу, км	190	190	190	190	190	190
Ціна купівлі 1 км трубопроводу, млн.грн	18,8	15	12,3	11,8	5	3,2
Коефіцієнт перерахунку від ціни труби до ціни будівництва водоводу	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Загальна вартість будівництва трубопроводу, млн.грн.	13216,4	10545	8646,9	8295,4	3515	2249,6
Кількість насосних станцій (НС)	4	7	13	25	53	128
Вартість будівництва однієї НС, млн.грн	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
Вартість будівництва всіх НС, млн.грн.	45,2	79,1	146,9	282,5	598,9	1446,4
Загальна вартість будівництва водоводу, млн.грн.	13261,6	10624,1	8793,8	8577,9	4113,9	3696
Площа землевідведення під будівництво водоводу, га	240	240	240	240	240	240
Вартість 1 га землі, млн.грн./га	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033

Діаметр трубопроводу, мм	1000	900	800	700	600	500
Загальна вартість землевідводу під будівництво водоводу, млн.грн.	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92
Сумарні капіталовкладення у будівництво водоводу, млн.грн.	13274,1	10636,6	8806,34	8590,44	4126,44	3708,54
Затрати на перекачку однією насосною станцією 15,8 млн.куб.м на рік	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12
Щорічні експлуатаційні витрати перекачки шахтної води, млн.грн/рік	88,48	154,84	287,56	553,00	1172,36	2831,36
Собівартість при умові експлуатації системи протягом 15 років, млн.грн/рік	973,42	867,49	877,58	1128,56	1448,83	3079,83

Виходячи з наведених результатів можна зробити висновок, що при умові експлуатації системи на протязі 15 років, найбільш оптимальним виглядає варіант з застосуванням пластикових труб діаметром 900 мм.

Орієнтовна вартість будівництва водоводу, довжиною 190 км та 7 насосних станцій становитиме 10,6 млрд. грн. Щорічні експлуатаційні витрати на перекачку 15,8 млн.м³ шахтної води на рік в цінах 2017 року – 154,84 млн. грн. Собівартість перекачки 1 м³ шахтної води при умові експлуатації системи протягом 15 років – 54,9 грн.

Слід відмітити, що такий же показник має і варіант з діаметром 800 мм. Будівництво водогону має менші капіталовкладення але більші у два рази щорічні витрати на експлуатацію. Зважаючи на те, що щорічні витрати прийняті по аналогії до щорічних витрат на перекачку шахтних вод КПП «Кривбаспромводопостачання», можна припустити, що вони повинні бути вищими, так як в щорічних витратах повинні враховуватися заходи по капітальному ремонту, які в останні роки практично не виконуються.

Тому варіант з вищими експлуатаційними витратами в перспективі може мати вищу собівартість. Для коректності порівняння варіантів до капіталовкладень та експлуатаційних витрат в даний варіант додамо витрати на переорієнтацію північної групи шахт на південь та подачу води на підтримку зрошувального сезону по каналу Дніпро – Інгулець.

Зведені економічні показники по даному варіанту приведені в Таблиця 25.

Таблиця 25 Економічні показники скиду в Чорне море

Назва заходу	Річний обсяг подачі води, млн.м ³	Капітало-вкладення, млн. грн.	Експлуатаційні витрати, млн. грн./ рік
Будівництво системи по переорієнтації потоків північної групи шахт на південь ⁹	3,4	1963,6	11,79
Будівництво водоводу для скиду шахтних вод зі ставка-накопичувача у Чорне море	15,8	10636,6	154,84
Подача води по каналу Дніпро-Інгулець	210,0		144,49
Разом по варіанту		12600,2	311,12

⁹ детально вартість будівництва та розрахунок експлуатаційних витрат наведено в розділі 7.

5 СКИДАННЯ ВОДИ З СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА У ДНІПРО (А2Б)

Зважаючи на застарілу і значно зношену систему транспортування (перекачки) шахтних вод, яка потребує модернізації та реконструкції, а також враховуючи наявні проблеми з використанням шахтних вод в зворотному водопостачанні на ПРАТ «ПІВНГЗК» з виникненням періодичної потреби у скиді надлишку зворотних вод з хвостосховища комбінату в р. Саксагань, при опрацюванні даного напрямку робіт, доцільно розгляди перенаправлення всього обсягу шахтних вод до ставка-накопичувача з наступним їх відведенням до р. Дніпро. Виключенням може бути лише шахта «Першотравнева-дренажна» ПРАТ «ПІВНГЗК», яка відокремлена від інших шахт і самостійно відкачує 0,6-0,7 млн.м³ шахтних вод на рік та транспортує їх в хвостосховище комбінату. Таким чином прогнозний річний обсяг відведення та скиду надлишкових шахтних вод складатиме 15,0-16,0 млн.м³ (0,45-0,50 м³/с). Якість шахтних вод приймається аналогічно до опції скиду до Чорного моря (Таблиця 20), розглянутої вище.

5.1 ВИБІР ТОЧКИ СКИДУ

Аналізуючи наявні планові матеріали М 1:100000 місцем скиду високомінералізованих шахтних вод може бути точка, розташована ближче до греблі Каховської ГЕС. Даний варіант на плані позначений жовтим кольором та літерою «А» (Малюнок 33). Такий варіант найбільш оптимальний з точки зору наявності постійного (санітарного) скиду з Каховського водосховища, мінімальні витрати якого встановлені на рівні 500 м³/с. При цьому, у нижньому б'єфі Каховської ГЕС присутній більш швидкісний режим потоку ніж далі за течією та збійні течії, що дозволить швидше виконати розбавлення високомінералізованих шахтних вод по всьому перетину русла. Таким чином, розбавлення буде більш рівномірним по всьому перетину русла без утворення явно вираженого рукаву солоної води в низ від місця скидання.

Якщо передбачити постійний скид шахтних вод протягом року з середньорічною витратою 0,45-0,50 м³/с з середньою мінералізацією близько 40 г/л то в результаті змішування навіть з мінімально встановленим середньодобовим скидом 500 м³/с з середньою мінералізацією 0,4 г/л, можна очікувати ріст мінералізації приблизно на 10%, що значно менше від нормативних. Окремо слід зазначити, що протягом зимово-весняного періоду, в залежності від водності року, відбуваються перед повеневі скиди води з Каховського водосховища. При цьому витрати зростають у порівнянні з мінімальними і становили в останні роки від 1000,0 до 3500,0 м³/с, не говорячи вже про повені більш рідкої повторюваності. Так, максимальні витрати, на пропуск яких розрахований гідровузол становить 25 200,0 м³/с. Період таких скидів коливається від 2 до 4 місяців. В такі періоди року якість води після розбавлення буде значно кращою.

Аналізуючи наявні планові матеріали М 1 : 10000 іншим місцем скиду високомінералізованих шахтних вод може бути ділянка річки Дніпро, вище впадіння річки Інгулець та нижче відокремленого русла протоки Інгулки. На плані даний варіант позначений зеленим кольором та літерою «В» (Малюнок 33). Місце розташування скиду забезпечує, при невеликих витратах води по Дніпру поступово розбавляти шахтну воду. При цьому дніпровська вода по руслу протоки Інгулки не буде перемішуватися з шахтною водою. Це важливо з точки зору забезпечення якості води на водозаборі питного водопостачання м. Миколаїв, який розташований

неподалік від впадіння річки Інгулець в річку Дніпро біля с. Нікольське Білозірського району Херсонської області. Забір води виконується з протоки Інгулки. Тому важливо, щоб високомінералізована вода не потрапляла в протоку. Окремо слід зазначити, що в разі використання дніпровської води по варіанту антиріки для забезпечення водозабору на зрошення Інгулецької зрошувальної системи, вода в річку Інгулець буде теж заходити через протоку Інгулка.



Малюнок 33 Варіанти точки скиду до Дніпра

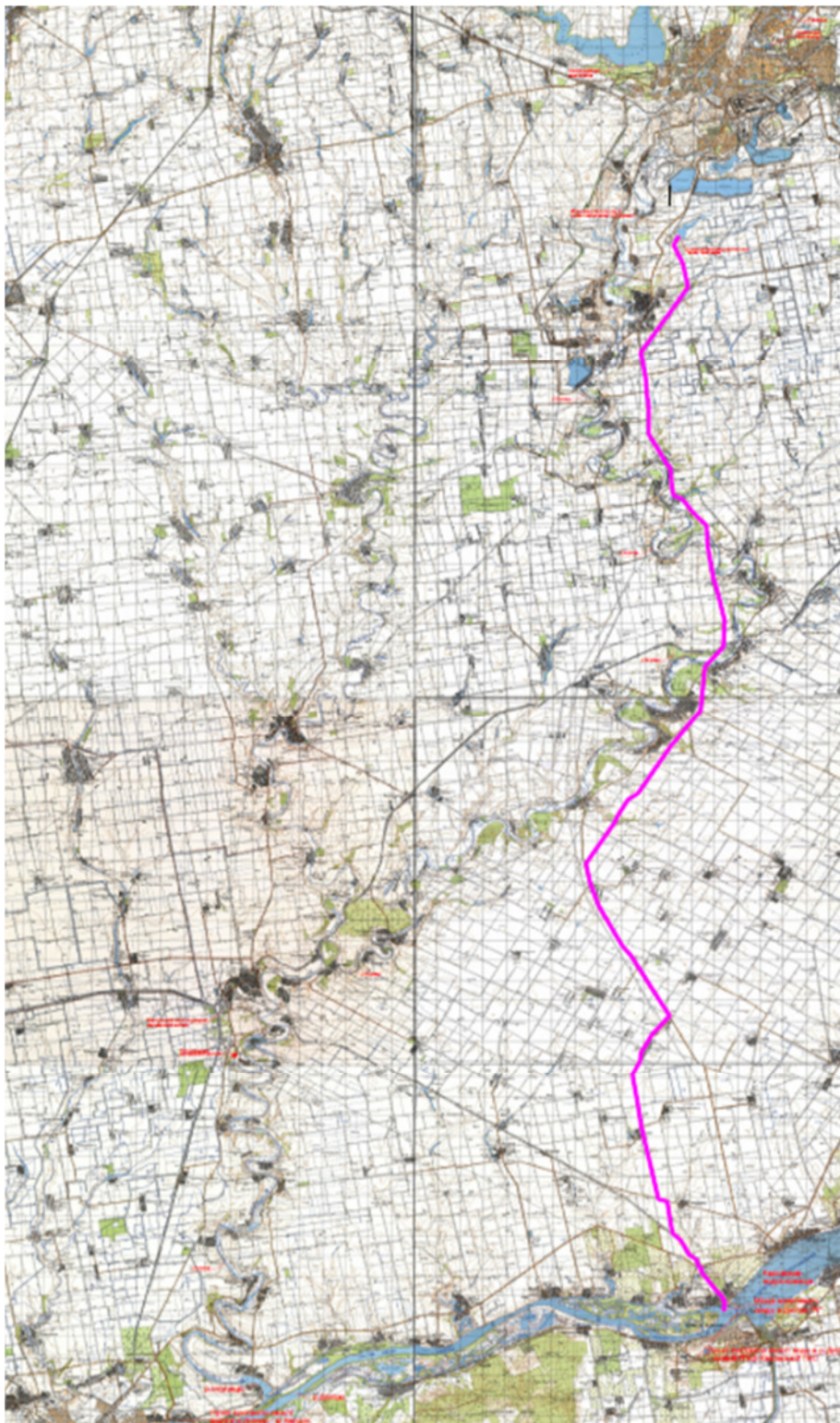
Альтернативно точка скиду може бути розташована нижче впадіння р.Інгулець. На плані (Малюнок 33) даний варіант позначений розовим кольором та літерою «С». Скид розташований нижче впадіння р. Інгулець та питних водозаборів. З цієї точки зору він є більш оптимальним ніж два попередніх. Проте швидкість течії на даній ділянці значно нижча. Це викликано різними факторами, такими як підпір зі сторони Дніпровсько-Бугського лиману який має відмітки поверхні близькі до рівнів Чорного моря, яке в свою чергу впливає шляхом вітрових нагонів на рівень води у лимані.

Окремо слід зазначити, що заплавна частина річки Дніпро має багато протоків, розташованих між плавнями, що значно розширює загальну ширину русла, чим сповільнює швидкість течії. Тому ймовірно від місця скиду вниз по течії буде формуватися солончакова призма, що викличе негативний вплив на прісноводну фауну та флору.

На цьому етапі проекту ДМТ вважає найбільш доцільним варіант «А». При прокладанні траси від найімовірніше буде найкоротшим. За рахунок інтенсивного змішування розбавлення відбудеться більш рівномірно по поперечному перетину русла та на невеликій по довжині ділянці від місця скиду.

5.2 ПЛАН ТРУБНИХ ТРАС ТА НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Для визначенні вартості будівництва була прокладена траса водоводу від ставка-накопичувача шахтних вод до точки скиду «А» у Дніпро (Малюнок 34). Трасування водоводу було виконано на планових матеріалах М 1 : 100 000. Довжина траси орієнтовно склала 120,0 км. Зважаючи на характер об'єкту та необхідність забезпечення його роботи протягом року без зупинок прокладання водоводу передбачено у дві нитки.

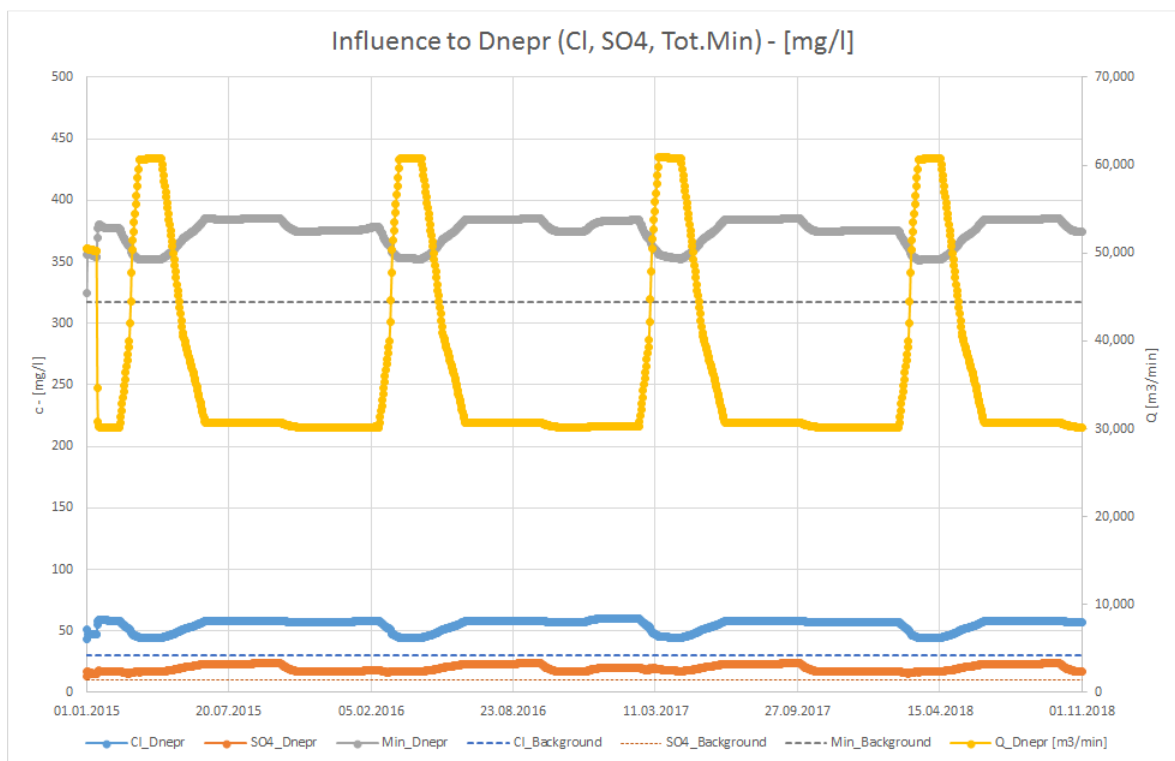


Малюнок 34 Схема трубної траси до Дніпра

5.3 ЯКІСТЬ ВОДИ

Якість води у р. Інгулець та Дніпро моделювалася аналогічно до варіантів покращення існуючої системи акумулявання та скиду шахтних вод (Розділ 3.1). Значення кольорів та графіків також збережено. Наступні діаграми демонструють результати моделювання якості в річці за відсутності скидання шахтних вод в Інгулець та Дніпро.

Для оцінки впливу скиду води зі ставка-накопичувача Свистунова балка в річку Дніпро спочатку треба отримати щорічні дані дебіту води в річці Дніпро. Ми отримали два типових показники влітку і взимку і побудували наступну криву (права вісь – витрати води). Фонові концентрації в річці Дніпро відображені пунктирними лініями. Отримані в результаті показники хлоридів відображені синім кольором, сульфатів – помаранчевим, а загальна мінералізація – сірим (Малюнок 35).



Малюнок 35 Якість води у Дніпрі

Як видно, незважаючи на сезонні коливання витрат води Дніпрі в межах від 30 тис. м³/хв до 70 тис. м³/хв, коливання загальної мінералізації досить незначні: в межах 350-370 мг/л і не перевищують нормативних. Так само незначні коливання вмісту хлоридів (50-60 мг/л) і сульфатів (10-25 мг/л), що значно нижче допустимих граничних концентрацій. Єдине, що необхідно уточнити, це на якій відстані від передбачуваного місця випуску буде досягнута стабілізація цих показників.

Цікавим фактом є те, що за цим варіантом, для досягнення граничних показників у річці Інгулець теж потрібно 210 млн. м³ води на рік для розбавлення скидів (Малюнок 30). Це, вочовідь, є наслідком постійно фонові концентрації інших окрім шахтних вод забруднювачів.

Таким чином, в період зрошення очікувані концентрації в р. Інгулець становитимуть для хлоридів 350 мг/л, для загальної мінералізації – близько 1 600 мг/л. В зимній період для хлоридів 1 200 мг/л, для загальної мінералізації – близько 4 000 мг/л

5.4 ВИТРАТИ

Обґрунтування при визначенні кількості та вартості будівництва насосних станцій аналогічно до варіанту скиду шахтних вод у Чорне море (4.6).

Таблиця 26 демонструє розрахунок кількості насосних стацій в залежності від діаметра трубопроводу.

Таблиця 26 Розрахунок кількості насосних стацій до Дніпра

Діаметр трубопроводу, мм	1000	900	800	700	600	500
Втрати тиску по довжині при подачі 0,5 м ³ /с, м/км	1,67	2,77	4,86	9,2	19,2	46
Втрати тиску по довжині з урахуванням місцевих втрат, м/км	2,09	3,46	6,08	11,5	24	57,5
Довжина траси, км	120	120	120	120	120	120
Сумарні втрати по довжині, м	250,5	415,5	729	1380	2880	6900
Падіння рельєфу від ставка – накопичувача до місця скиду ШВ	70	70	70	70	70	70
Сумарні втрати напору по довжині з урахуванням падіння рельєфу, м	180,5	345,5	659	1310	2810	6830
Кількість насосних станцій при напорі з урахуванням забору з басейнів (85 м)	2	4	8	15	33	80

На основі укрупнених розрахунків для подальшого визначення вартості будівництва приймаємо вартість будівництва однієї насосної станції по перекачці шахтних вод з подачею 0,5 м³/с та напором до 90,0 м орієнтовно 11,3 млн. грн.

Вартість перекачки в розмірі 1,4 грн. за м³ шахтної води на 2017 рік, встановлена КПП «Кривбаспромводопостачання» включає затрати на оплату електроенергії, затрати на експлуатацію насосних станцій та трубопроводів.

Для визначення собівартості взято припущення, що водовод буде експлуатуватися не менше ніж 15 років.

Таблиця 27 демонструє порівняння варіантів будівництва водоводу для відведення шахтних вод у р.Дніпро, щорічні витрати на його експлуатацію та собівартості перекачки 15,8 млн.м³ шахтної води на рік в залежності від діаметру трубопроводу.

Таблиця 27 Розрахунок діаметру трубопроводу до Дніпра

Діаметр трубопроводу, мм	1000	900	800	700	600	500
Довжина трубопроводу, км	120	120	120	120	120	120
Ціна купівлі 1 км трубопроводу, млн.грн	18,8	15	12,3	11,8	5	3,2
Коефіцієнт перерахунку від ціни труби до ціни будівництва водоводу	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Загальна вартість будівництва трубопроводу, млн.грн.	9475,2	7560	6300	5947,2	2520	1612,8
Кількість насосних станцій (НС)	2	4	8	15	33	80
Вартість будівництва однієї НС, млн.грн	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
Вартість будівництва всіх НС, млн.грн.	22,6	45,2	90,4	169,5	372,9	904
Загальна вартість будівництва водоводу, млн.грн.	9497,8	7605,2	6289,6	6116,7	2892,9	2516,8
Площа землевідведення під будівництво водоводу, га	240	240	240	240	240	240
Вартість 1 га землі, млн.грн./га	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
Загальна вартість землевідводу під будівництво водоводу, млн.грн.	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92
Сумарні капіталовкладення у будівництво водоводу, млн.грн.	9505,72	7613,12	6297,52	6124,62	2900,82	2524,72
Затрати на перекачку однією насосною станцією 15,8 млн.куб.м на рік	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12
Щорічні експлуатаційні витрати перекачки шахтної води, млн.грн/рік	44,24	88,48	176,96	331,80	729,96	1769,60
Собівартість при умові експлуатації системи протягом 15 років, млн.грн/рік	677,95	596,02	596,79	740,11	923,35	1937,91

Виходячи з наведених у таблиці результатів можна зробити висновок, що при умові експлуатації системи на протязі 15 років, найбільш оптимальним виглядає варіант з застосуванням пластикових труб діаметром 900 мм.

Орієнтовна вартість будівництва водоводу, довжиною 120 км та 4 насосних станцій становитиме 7,6 млрд. грн. Щорічні експлуатаційні витрати на перекачку 15,8 млн.м³ шахтної

води на рік в цінах 2017 року складуть 88,5 млн. грн. Собівартість перекачки 1 м³ шахтної води при умові експлуатації системи протягом 15 років складе 37,7 грн.

Слід відмітити, що такий же показник має і варіант з діаметром 800 мм. Будівництво водогону має менші капіталовкладення але більші у два рази щорічні витрати на експлуатацію. Зважаючи на те, що щорічні витрати прийняті по аналогії до щорічних витрат на перекачку шахтних вод КПП «Кривбаспромводопостачання», можна припустити, що вони повинні бути вищими, так як в щорічних витратах повинні враховуватися заходи по капітальному ремонту, які в останні роки практично не виконуються. Тому варіант з вищими експлуатаційними витратами в перспективі може мати вищу собівартість.

Для коректності порівняння варіантів до капіталовкладень та експлуатаційних витрат в даний варіант додамо витрати на переорієнтацію північної групи шахт на південь та подачу води 210,0 млн. м³ на підтримку зрошувального сезону по каналу Дніпро – Інгулець.

Таблиця 28 демонструє зведені економічні показники по даному варіанту.

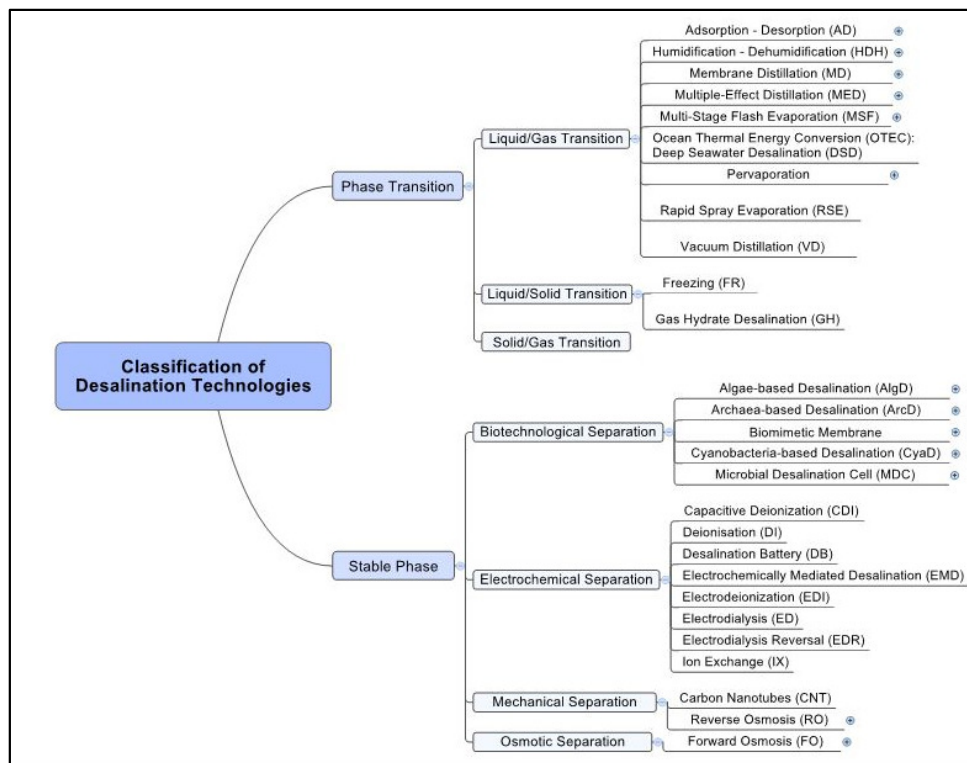
Таблиця 28 Економічні показники скиду до Дніпра

Назва заходу	Річний обсяг подачі води, млн.м ³	Капітало-вкладення, млн. грн.	Експлуатаційні витрати, млн. грн. / рік
Будівництво системи по переорієнтації потоків північної групи шахт на південь ¹⁰	3,4	1963,6	11,79
Будівництво водоводу для скиду шахтних вод зі ставка-накопичувача у Дніпро	15,8	7613,12	88,48
Подача води по каналу Дніпро-Інгулець	210,0		144,49
Разом по варіанту		9576,72	244,76

¹⁰ детально вартість будівництва та розрахунок експлуатаційних витрат наведено в розділі 8.

6 ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЯ ШАХТНИХ ВОД (АЗА)

Взагалі, існує близько 50 варіантів різних технологій демінералізації на даний момент. Але для промислового використання в 90% випадків використовують тільки три технології. Ці три технології: багатоетапне випарювання (БЕВ), багатоступінчаста дистиляція (БСД) та зворотній осмос (ЗО). Процентне розповсюдження технологій представлено наступним чином: БЕВ- 20%, БСД – 5% та ЗО – 65%. Малюнок 36 демонструє огляд існуючих технологій.



Малюнок 36 Огляд технологій демінералізації¹¹

6.1 КІЛЬКІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ВОДИ НА ВХОДІ

Щоби очистити шахтну воду, одна з опцій - це збирати воду з північних та південних точок скиду води, щоби розробити комплексний підхід, як можна ізолювати річки Інгулець та Саксагань від скидання шахтної води Кривбасу. Розробляючи цю опцію, логічним рішенням буде, направляти весь обсяг шахтної води, що відкачують в Кривбасі, через ставок-

¹¹ Джерело: DME GmbH, Німеччина

накопичувач (також буферна функція), місце знаходження на північ від Кривого Рогу, в Свістуніву Балку Широківського району Дніпропетровської області, при цьому треба організувати відкачку постійного потоку шахтної води в південному напрямку, щоби очистити воду на центральному спорудженні для проведення демінералізації.

Для того, щоби оцінити необхідну потужність установки демінералізації, провели оцінку фактичного обсягу шахтної води, що відкачують, в північному та південному напрямку за останні роки Таблиця 1. Виключенням може бути лише шахта «Першотравнева-дренажна» ПРАТ «ПІВНГЗК», яка відокремлена від інших шахт і самостійно відкачує 0,6-0,7 млн.м³ шахтних вод на рік та транспортує їх в хвостосховище комбінату. Таким чином прогнозний річний обсяг відведення та скиду надлишкових шахтних вод складатиме 15,0-16,0 млн.м³ (0,45-0,50 м³/с).

На основі наданих вище даних, та з урахуванням часу роботи в майбутньому 365 днів/рік та 24 год/добу, виробнича потужність має бути десь приблизно 1 800 м³/год.

Головні параметри суміші шахтних вод надані в Таблиця 29 нижче. Дані щодо детального хімічного складу також доступні тільки для шахт південної групи.

Таблиця 29 Якість шахтних вод для демінералізації

Параметр	Тис. м ³ /рік	мг/л
Загальний обсяг притоку шахтної води, тисячі м ³	16 237	
Хлориди		20700
Сульфати		1480
Загальна мінералізація		38 750
Аміачний азот		0.3*
БСК ₅		3.5*
Нітрати		10.0*
Нітрити		0.25*
Завислі речовини		15.0*
Нафтопродукти		0.3*
Загальне залізо		0.30 - 0.35*
Феноли		0.001*
Фосфати		0.15*

Параметр	Тис. м³/рік	мг/л
Розчинений кисень		6.0 - 8.0*
ХСК		-
pH		8.0*

6.2 ПОПЕРЕДНІ ІНЖИНІРІНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розгляд технологій демінералізації шахтних вод в регіоні Кривбас має тривалу історію. В минулому було проведено багато досліджень та оцінок. В Додатку 1 представлено стислий огляд цих досліджень та робіт, включаючи головні розглянуті аспекти та їх результати.

У період з 1989 по 2010 було проведено не менш 6-ти різних детальних досліджень питання демінералізації шахтних вод Кривого Рогу. Дослідження стосувалося загальної демінералізації 12.0 млн. м³ шахтних вод, а також часткової демінералізації скидів шахти «Ім. Артема». Підсумкові висновки досліджень оцінка демонструє Таблиця 30 нижче.

Таблиця 30 Підсумок попередніх інжинірингових досліджень та їх висновки

Технологія	Висновок дослідження
Випарювання	Надмірне споживання електроенергії не дозволило реалізацію цього проекту. Тому Міністерство чорної металургії СРСР вирішило припинити цей проект.
Електродіаліз	Запропонована електроплазмова технологія не може бути застосована до високо мінералізованої шахтної води Кривбасу.
Комбінація технологій: очистка води із застосуванням реагентів, зворотній осмос, електродіаліз та випарювання концентрованого розчину, фільтрація та хімічна очистка залишків.	Отримані «корисні речовини» із продуктів не відповідають вимогам з якості, що висувають хімічні та будівельні компанії до потенційної сировини. Було рекомендовано зберігати 85% продукту на відповідних полігонах із гідроізоляцією, доки не буде знайдено рішення щодо їх майбутнього використання чи збагачення. Немає допустимого використання отриманих в результаті процесу продуктів (тверда сіль чи сольові розчини).
Комбінація зворотного осмосу, електродіалізу, фільтрації та випарювання	Припинення проекту із-за відсутності екологічно-безпечного рішення щодо збагачення та утилізації залишків після демінералізації.
Багато-етапна мембранна система зворотного осмосу та випарювання	Потреба в великих інвестиціях 715.8 млн. грн (70.181 млн. Євро) для очистки 4,4 млн. м³/рік шахтної води та отримання 190,0 тис. т/рік твердого безпечного продукту демінералізації, без можливості його утилізації

Технології, що були оцінені, також включають три найрозповсюджені технології в світі: багатоступінчата дистиляція (обидві технології випарювання) та

зворотній осмос. Всі ці дослідження зробили висновок, що ці технології потребують надмірні витрати та/чи не існує рішення щодо утилізації залишків після демінералізації (сіль чи висококонцентрований сольовий розчин).

6.3 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ

Зменшення вмісту солі в воді до границь, встановлених ДЕСТ 2874-82 «Питна вода» чи до концентрації солі, близької до вмісту в дистильованій воді, називається, відповідно, демінералізацією та знесоленням. Як було зазначено на початку розділу, існує багато різних технологій демінералізації. Існуючі методи демінералізації та знесолення води поділені на дві різні групи: із зміною чи без зміни фізичного стану воду. Перша група методів, включає дистиляцію, нагрів води до надкритичної температури (350 °C), замороження, газогідратний метод; друга група – іонний обмін, електродіаліз, зворотний осмос (гіперфільтрація), ультрафільтрація, виділення і т.д. Не всі ці методи придатні для демінералізації шахтних вод із високим вмістом солей та/чи з таким великим обсягом шахтних вод, як у випадку Кривого Рогу.

Найбільш розповсюджені в промисловості методи – це дистиляція, іонний обмін, електродіаліз, зворотний осмос. Також згадані на початку цього розділу випарювання та зворотний осмос використовуються приблизно в 90% процесів знесолення у всьому світі.

6.3.1 ДИСТИЛЯЦІЯ/ВИПАРЮВАННЯ (БСД ТА БЕВ)

Метод дистиляції базується на здатності води випаруватися при нагріванні, утворюючи таким чином прісну пару та концентрований розсіл. Принцип дистиляції базується на тому, що коли солоня вода нагрівається до точки кипіння (при певному тиску та вмісті солі), вона починає кипіти. Пара, вироблена під тиском до 5 МПа, практично не здатна розчинити солі, що міститься в солоній воді, тому при конденсації такого пару виробляється прісна вода. Щоб випаровувати 1 кг води, її треба нагріти до температури кипіння, після чого повинна бути застосована додаткова енергія для фазового переходу пари у воду, так звана латентна теплота пароутворення. Це значення при температурі 100°C дорівнює 539,55 ккал/кг. Щоб повернути пару в рідкий стан (для її конденсації), теплоту фазового переходу потрібно видалити з пари (539,55 ккал/г). Більша частина цього тепла може бути повернута назад на підприємство, тобто відновлена. Чим більше відновлена частина теплоти фазового переходу, тим вище буде термічна ефективність установки дистиляції.

Принцип роботи одноступеневої дистиляційної установки базується на наступному процесі. Вхідна вода подається через конденсаторний водяний нагрівач у випарник, де вона нагрівається теплою опалювальною парою або гарячою водою і випаровується. Таким чином, утворена вторинна, або сокова пара входить у конденсатор, де вона охолоджується вхідною водою і перетворюється на дистиллят. Так тепло конденсату використовується для нагріву вхідної води, яка поступає в випарник.

Набагато частіше використовуються так звані випарники багатоступінчатої дистиляції (БСД). Вони складаються з декількох одноетапних установок, які підключені послідовно відповідно до потоку рідини та пари. Після цього вторинна пара попередньої стадії використовується як

нагрівальна пара для випаровування води на наступному етапі. Збільшуючи кількість етапів, багатоступеневі установки стають більш економічними. Проте збільшення кількості етапів зменшує різницю температур на кожному з них, відповідно, збільшується загальна поверхня нагрівання установки, тобто значно зростають капітальні витрати на установку з демінералізації.

Основна перевага багатостадійних дистиляційних установок для демінералізації полягає у значному збільшенні кількості демінералізованої води, яку можна отримати на одиницю первинної пари. Таким чином, в той час як одноетапне випаровування дає близько 1 т демінералізованої води на 1 тону первинної пари, 50 ... 60 етапна установка виробляє 15 ... 20 т демінералізованої води. Питомі витрати електроенергії на дистиляційних установках становлять 3,5 ... 4,5 кВт г на м³ дистиляту.

Негативною особливістю роботи таких установок дистиляції є утворення накипу на нагрівальних елементах випарників та конденсаторів. Цей накип знижує температуру гарячої води, впливає на теплопередачу та експлуатацію всіх агрегатів установки. Для запобігання утворення накипу застосовуються методи на основі реагентів (спеціальні інгібітори, добавки, попереднє окислення та ін.) та методи без застосування реагентів (магнітний, ультразвуковий тощо). На практиці повна профілактика утворення накипу можлива завдяки створенню глибокого вакууму в випарнику, що дозволяє зменшити температуру випарної води до 50°C і нижче. Витрати електроенергії, щоби створити такий вакуум, складають приблизно 10 кВт год/м³ демінералізованої води.

Ще одним видом технології дистиляції/випаровування є так зване багатоступеневе випарування. Установки знесолення із багатоступеневим випаруванням (MSF) базуються на миттєвому випаруванні в каскаді стадій (ефектів) при різних рівнях тиску. Кожна стадія має теплообмінник та колектор конденсату. У режимі повторної подачі розсолу в цикл, він знову подається в систему. На заключній стадії установки миттєвого випаровування (УМВ) нагріта вода подається в камеру високого тиску, де її частка миттєво випаровується через зниження тиску. Пара використовується для попереднього нагріву води, що подається. Частина розсолу, яка не випарилася, переходить до наступного етапу, який має нижчий тиск. Така ж процедура випаровування відбувається знову, але при зниженому тиску і, як наслідок, при зниженні температури. Таким чином, вода, що подається, яка використовується для конденсації пари на кожній стадії від найнижчого тиску на першому етапі до найвищого тиску на останній стадії, постійно нагрівається. Результатом є низька середня різниця температур між водою, що подається, і паром, що конденсується, хоча теплопередача є латентно-чутливого типу. Таким чином, втрати ексергії є низькими. Циркуляція розсолу в основному знижує витрати на попередню підготовку, але також забезпечує більш високу операційну гнучкість та кращу термічну ефективність. У той же час зростає складність і витрати на компоненти, будівництво та обслуговування. Витрати електроенергії знаходяться в діапазоні 23-27 кВт год/м³ дистильованої води.

Зазвичай такі установки працюють разом з електростанціями. Таким чином, вони, з одного боку, можуть використовувати низькотемпературну не використану енергію та, з іншого боку, установка знесолення забезпечує охолодження електростанції. Вимоги до попередньої

підготовки води, що подається, значно нижчі, ніж для основного конкурентного процесу - зворотного осмосу.

6.3.2 ЗВОРОТНІЙ ОСМОС

В останні роки зворотний осмос став широко використовуватися для очищення води. Метод зворотного осмосу - один з найбільш перспективних методів очистки та глибокого знесолення води з різними рівнями мінералізації. Він базується на розділенні розчинів фільтрацією через напівпроникні мембрани з порами, які дозволяють проникати молекулам води, але не пропускають гідратовані іони або молекули недиссоційованих сполук.

Знесолення мінералізованої води шляхом зворотного осмосу базується на процесі, коли чиста вода тече під тиском, який перевищує осмотичний тиск у напрямку від сольового розчину до прісної води через напівпроникний бар'єр. Останній, як правило, вибирають так, щоб молекули води могли проходити крізь нього, але іони солей, розчинені в мінералізованій воді, не проходили через мембрану. Оскільки іони солей розміром принаймні наполовину більше, ніж молекули води, такий процес цілком може бути технічно реалізований.

Метод зворотного осмосу у порівнянні з традиційними методами має деякі істотні переваги: енергоспоживання протягом процесу є відносно невеликим, установки є простими та компактними, їх робота мало залежить від коливань щодо складу води на вході, нема потреби в висококваліфікованому персоналі для їх експлуатації, установки можуть бути легко автоматизовані. Основна перевага методу зворотного осмосу полягає у фактичній відсутності хімічних речовин для обробки води (кислоти, лугів та ін.) в основному процесі, за винятком невеликої вартості реагентів для регулювання pH, гальмування відкладення солей та періодичної очистки мембран. Скиди стічних вод з установки (концентрат) містять в основному ті ж самі солі, що і вхідна вода, тоді як при процесі демінералізації шляхом іонного обміну загальна кількість розчинних солей становить, щонайменше, в два або навіть в три рази більше, ніж їх вміст у вхідній воді. У конкретному випадку демінералізації шахтних вод концентрат повністю піддається випаровуванню, тому теоретично відсутня стічна вода взагалі.

Крім того, метод зворотного осмосу характеризується тим фактом, що мембранне розділення відбувається без фазових перетворень, тому електрична енергія використовується тільки для прокачування розчину через мембрану та «проштовхування» розчинника (води) через мембрану. При цьому напівпроникна мембрана не функціонує, як фільтр, який акумулює виділені речовини на її поверхні. Мембрана лише розподіляє вхідний потік на два. Перший потік - це вода, яка пройшла крізь мембрану (фільтрат). Вона містить менше солі, ніж вхідна вода. Другий потік - вхідна вода, яка стає більш концентрованою, коли вона проходить впродовж мембрани, і забирає всю сіль, виділену мембраною. Потік розсолу, що залишає зворотний осмотичний елемент, називається концентратом.

Робочий тиск пристрою залежить від вмісту солей у воді на вході та осмотичного тиску розчину. Для знесолення слабомінералізованої водопровідної води зазвичай достатньо тиску 1 - 2 МПа; для знесолення шахтних вод із вмістом солей до 20 000 мг / дм³, необхідний тиск 2,5 ... 3,5 МПа; для знесолення морської води необхідний тиск 5 ... 7 МПа.

6.3.3 МЕМБРАННА ДИСТИЛЯЦІЯ

Мембранна дистиляція (МД) базується на передачі ненасиченої водяної пари через тонкі мембрани завдяки різниці парціального тиску, що виникає в порах мембрани між теплою водою розсолу, що тече з однієї сторони мембрани та між холодною демінералізованою водою, що тече з іншої сторони мембрани. Потік пари через мембрану залежить від її типу, гідрофобних властивостей поверхні, температурних відмінностей з обох сторін мембрани, складу води, технологічних властивостей тощо.

Незважаючи на наявність успішного випробування методу в лабораторних умовах, на даний час існує не так багато прикладів безперервної демінералізації в промислових об'ємах, що використовують МД. Гібридне використання МД з іншими технологіями зустрічається набагато частіше.

Дистиляційний модуль, по якому наявні експлуатаційні дані, представляє собою стійке до корозії обладнання та має мембранну поверхню площею 300 м². Протягом приблизно 14 місяців експлуатації установки для демінералізації вод з океану не було виявлено значного забруднення мембран. Але ефективність модуля була не настільки високою (питомий потік демінералізованої води 3,6 кг/м² на рік), модуль може переробляти макс. 26 м³/добу при режимі роботи 24 години.

Найсучасніший об'єкт знаходиться на пілотній установці Plataforma Solar de Almeria Spain, де вода океану була демінералізована теплом, виробленим за допомогою сонячних батарей загальною потужністю 150 кВт год при 85 °С. В період з 2010 по 2013 використовували три різних типи мембран. Максимальна ефективність агрегатів досягала показників 35 кг/м² на рік, що є відносно високим рівнем. Технічні проблеми з'явилися через забруднення поверхні мембрани. Якщо припускати, що споживання енергії для демінералізації становить 3 кВт год/м³ за оптимістичної оцінки, то максимальна ефективність такої установки може досягати 50 м³/год. За умови ефективної роботи сонячних батарей (в середньому 8 годин на добу), ефективність буде 400 м³/добу. Загалом, ефективність блоків МД не перевищує звичайно декілька сотень м³ на день.

Досвід застосування агрегатів для демінералізації океанських вод зі складом, що дуже схожий на воду Свістунова, виявив такі проблеми:

- Надзвичайно високе споживання теплової енергії в діапазоні від 1 до 60 кВт год / м³, яке можна значно зменшити, використовуючи залишкове тепло або невикористану гарячу воду ($T > 77^{\circ}\text{C}$),
- Зменшення селективності мембран при наявності поверхнево-активних речовин,
- Забруднення мембран відкладеннями солей та біологічними речовинами, що призводить до додаткових витрат на періодичне промивання кислими розчинами, після такої повторної обробки зменшується ефективність дистиляції.

Витрати на демінералізацію, що використовують МД, становить приблизно \$1/м³, а інвестиції на агрегати МД оцінювалися як \$130/м³ на день. Для технології зворотного осмосу ціна

демінералізації значно нижче, ніж для МД (\$0,5 - 0,6/м³). Але МД має шанс, якщо використовувати залишкове тепло (наприклад, вода теплоелектростанцій), це дозволяє знизити ціну очистки до 0,34-0,56 \$ /м³, це також вимагає попередню підготовку, що включає в себе очистку від часток 40 мкм і деаерацію. Відповідно до цих даних, спільне використання МД та зворотного осмосу значно підвищує ефективність демінералізації.

Слід зазначити, що в оцінках не враховуються витрати на утилізацію залишкових розсолів. Вихід цього продукту може становити мільйони м³ на рік. Ціна на очищену воду буде занадто високою, а їх обсяги можуть використовуватися тільки для обмежених потреб на місті.

До того ж, не існує жодних можливостей розмістити стільки МД-модулів поблизу ставку Свистунова, площа на існуючих ділянках дозволяє встановити лише декілька модулів, які могли б переробити певний відсоток всієї води, яка скидається, але не зможе вирішити загальну проблему. Установка МД-модулів безпосередньо біля насосних станцій шахти залежить від місцевих умов на шахтах.

Встановлення модуля МД поблизу насосної станції шахти має сенс лише в разі використання залишкового тепла шахтних вод (геотермального ресурсу) з урахуванням досвіду використання теплових насосів на шахті «Благодатна» ПАТ ДТЕК «Павлоградвугілля». Це зменшить витрати на транспортування шахтних вод.

Таким чином, використання МД для демінералізації всіх шахтних вод, які скидають в ставок Свистунова, навряд чи буде економічно недоцільним, беручи до уваги всі відомі приклади промислового використання цієї технології. Причиною цього є низька ефективність модулів, високі витрати та потреба в утилізації залишкових розсолів. Встановлення необхідної кількості модулів для повної демінералізації води в ставок Свистунова не є реалістичною, це лише трохи покращить ситуацію, а очищені води можуть використовуватися лише для місцевих потреб. На дальшу перспективу, модулі дистиляції можуть бути встановлені біля локальних джерел залишкового тепла, наприклад, на теплоелектростанціях.

6.3.4 МЕТОД ІОННОГО ОБМІНУ

Метод іонного обміну при демінералізації та знесоленні води базується на послідовній фільтрації води через N-катіонний, а потім через NSO₃⁻, OH⁻ або CO₂-аніонний фільтр. У N-катіонному фільтрі катіони, що містяться у воді, переважно Ca (II), Mg (II), Na (I), замінюються на катіони водню. Потім вода проходить через OH-аніонні фільтри, де утворені кислотні аніони замінюються на OH-іони. Залежно від необхідної ступені знесолення води, інсталиють одно-, дво- та триступеневі установки, але в усіх випадках для видалення іонів металу з води використовуються сильноокислий H-катіон з великою обмінною здатністю.

Основними недоліками демінералізації методом іонного обміну є:

- В цьому конкретному випадку наявність стоків, які не підходять для переробки за допомогою цього методу внаслідок високої мінералізації, та значних витрат реагентів на регенерацію іоннообмінного матеріалу.
- H - катіонні фільтри регенеруються кислотою (сірчана, хлористо-водородна) з витратою 70 ... 75 г / г еквіваленту. Для II стадії із H-катіонними фільтрами, питома

витрата 100% сірчаної кислоти дорівнює 100 г / г еквіваленту поглинених катіонів. Споживання води для промивки катіону: 5 ... 8 м³/м³ катіонів.

- Регенерація ОН-аніонітових фільтрів проводиться лужним розчином, питома витрата 100% NaOH складає 120 ... 140 кг / м³ аніоніту. Споживання води для промивки: до 10 м³ / м³ аніоніту
- Як правило, під час опріснення прісної води фільтри першого етапу регенеруються кожні 8 ... 10 годин, фільтри другого ступеню - кожні 8 ... 10 днів. Час регенерації фільтра становить 3 ... 3,5 години, тому установка потребує встановлення на кожному етапі двох фільтрів (один працює, інший регенерується), що збільшує капітальні витрати.
- Зважаючи на велику кількість необхідних реагентів, витрати, пов'язані з їх транспортуванням та зберіганням, будуть зростати.
- Виникає потреба в організації системи управління реагентами для отримання кислот та лугів, їх розчинення та підготовки вхідних та робочих розчинів.
- Технологія супроводжується значним скиданням мінералізованих стічних вод у каналізаційні мережі та забрудненням навколишнього середовища.
- Ця технологія не може використовуватися на великих очисних установках.

6.3.5 ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЯ ВОДИ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗУ

Демінералізація води за допомогою електродіалізу ґрунтується на ефекті перенесення іонів солей до протилежно заряджених електродів. У цьому процесі іони переносять електричний струм через розчин і розряджаються на електродах. Процес демінералізації в електродіалізі не потребує додаткових хімічних речовин, під час цього процесу не виробляються жодні речовини, що отруюють навколишнє середовище, але є одна передумова для експлуатації установки електродіалізу, це ретельна попередня підготовка вхідної води, а саме видалення завислих твердих речовин та органічних домішок, а також залізовмісних та марганцевих сполучень. Метод має і інші недоліки. Перш за все, це низька ефективність. Виробнича потужність установок електродіалізу пропорційна їх заряду електричним струмом. Але, збільшення густини струму має свої межі. Існує так звана гранична густина струму, вище якої ефективність катода істотно зменшується, а виробнича потужність навряд чи зростає. Тому, щоб покращити силу струму, поверхню іонообмінних мембран у електродіалізі слід збільшити. Проте в пристроях з плоскими чарунками питома щільність поверхні мембран (м²/м³) є низькою. Крім того, під час опріснення води із вмістом солей 3000 ... 5000 мг / л споживана електроенергія становить кілька десятків кВтг / м³. Тому вартість обробленої води висока.

У процесі очистки води за допомогою високої концентрації хлоридів відбувається виділення вільного хлору в атмосферу установи хімічного очищення води. Це вимагає додаткових заходів щодо забезпечення безпеки персоналу. Недоліками процесу також є необхідність періодичного розбирання та збирання дисків електродіалізаторів для обробки мембран хімічними реагентами. Ця операція займає багато часу і вимагає ручної праці кваліфікованих монтажників. Крім того, необхідно забезпечити резервне обладнання для очищення води під час періодичного обслуговування електродіалізаторів.

Переваги процесу обробки методом електродіалізу включають повну придатність пристроїв до ремонту та високу здатність до відновлення властивостей іонообмінних мембран, а також можливість заміни будь-якого компонента, що відказав. Досвід роботи промислових установок електродіалізу показав, що, за умови періодичного технічного обслуговування, це обладнання може надійно працювати протягом десятиліть.

Ця технологія насправді мало представлена на ринку через високі вимоги до якості мембран та вже згадані вимоги щодо якості води, що поступає.

6.3.6 ЗАМОРОЖЕННЯ ТА ГАЗОГІДРАТНА ТЕХНОЛОГІЯ

Відомий факт, що під час заморожування мінералізованих вод, вони розділяються на концентрований розсіл і лід, який майже не містить солі. Відокремлення льоду від води та його танення виробляє майже дистильовану воду. Назване явище було використано для розробки технології демінералізації води шляхом заморожування. Перевага заморожування над дистиляцією полягає в тому, що при таненні льоду поглинається лише 80 ккал/кг енергії, що майже в 7 разів менше, ніж при випаровуванні води. Однак ряд технічних проблем усуває цю теоретичну перевагу.

По-перше, багаторазове використання тепла води, що тане (як у випадку тепла конденсації в багатоагрегатних випарниках).

Проведення демінералізації за технологією заморожування вимагає не тепла, яке безпосередньо одержується шляхом спалювання палива, а холоду, що виробляється з електроенергії. Ось чому 1 ккал холоду дорожче, ніж 1 ккал тепла.

Значна частина прісної води (до 15%) повинна бути витрачена на те, щоб відмити лід від плівки розсолу між кристалами.

Нарешті, четверте, із часом, як збільшується концентрація розсолу, значно збільшується різниця температур льоду, що тане, та води з розсолу, що замерзає. За таких обставин коефіцієнт корисної дії холодильної установки починає знижуватися. Тому спосіб заморожування не дозволяє отримати концентрований розчин, який можна безпосередньо перетворити в суху сіль.

Все вищевикладене призводить до того, що технології заморожування зараз використовуються дуже мало. Її частка у загальній демінералізації води менше 1%.

Деякі з зазначених недоліків вирішується при технології газогідратів. Ідея методу полягає в кристалізації гідратів деяких газів - CO₂, CH₄, Ar, CF₄ та інше під підвищеним тиском. На відміну від заморожування льоду цей процес відбувається при позитивних температурах. Проте необхідність використання високого тиску вищезазначених газів та пов'язана з цим технічна складність створює перешкоду для реалізації технології газогідратів у фактичному виробництві.

6.4 ВИБІР ПРИДАТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Вибір методу знесолення базується на якості та кількості вхідної води та вимогах до якості очищеної води, потужністю установки, а також на технічних та економічних аспектах. Оцінка економічних показників пов'язана з певними труднощами, оскільки вони залежать від багатьох факторів природного, технічного та економічного характеру. Проте існують загальні правила щодо застосування даного способу знесолення. На підставі опису різних технологій демінералізації та знесолення води вище, можна зробити наступні висновки. З усіх описаних вище способів знесолення води єдиним потенційно технічно та економічно доцільним методом у цьому випадку є зворотний осмос в поєднанні з випарюванням та кристалізацією. Ці методи є найбільш часто використовуваними технологіями для умов схожих на умови шахтних вод Кривбасу. Інші методи більш підходять для спеціальних невеликих сфер застосування.

Застосування технології має низку переваг:

- вода не проходить фазові переходи (випаровування або замерзання), що забезпечує низькі затрати на енергоспоживання при використанні даного методу в порівнянні з іншими відомими технологіями демінералізації;
- висока селективність поліамідних мембран (96-99,8%);
- порівняно низькі експлуатаційні витрати;
- простота технологічного процесу;
- технічно-простий контроль за якістю очищеної води (наприклад, за електропровідністю);
- зворотний осмос забезпечує повну бактерицидну обробку води завдяки комбінованим процесам демінералізації та дезінфекції внаслідок невеликого діаметра мембранних пор, які не пропускають не тільки іони солі, а й бактерії, спори та віруси. Однак при скиданні води в систему подачу води, вона повинна пройти хлорування.

Подібні технології стають все більш розвиненими. Ось чому ми можемо припустити подальше вдосконалення пристроїв зворотного осмосу, мембран та технологій їх виробництва. У майбутньому можна очікувати зменшення ціни на мембрани та зменшення вартості їхньої планової заміни.

6.5 ОПИС ТЕХНОЛОГІЇ

Подібний процес демінералізації реалізований під час одного великого промислового проекту в Польщі біля шахт Дебіенско та Будрик, які очищають шахтну воду обох шахт перед скиданням в річку Одра. Цей процес поділений на три основні етапи:

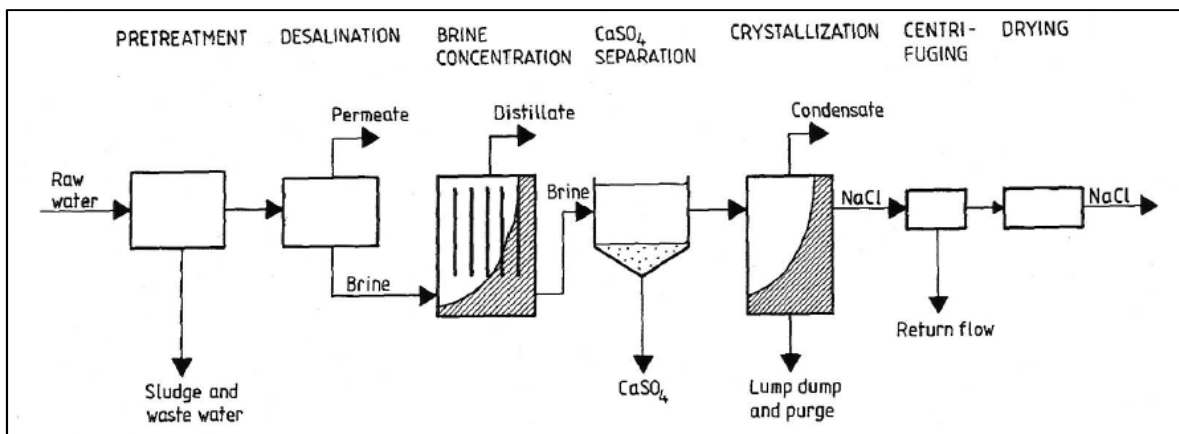
- Підготовка перед зворотним осмосом;
- Установка зворотного осмосу із наступною переробкою фільтрату 3О;

- Термічна установка для підвищення концентрації розсолу та виділення хлориду натрію методом кристалізації, центрифугування та сушіння

Вхідні дані цієї установки:

- 8000 м³ із вмістом солей 9,900 мг/л з Дебієнско; та
- 4400 м³ із вмістом солей 26,900 мг/л з Будрика.

Малюнок 37 показує приблизну схему процесу.



Малюнок 37 Схема демінералізації на шахтах Дебієнско та Будрик

Завдання блоку попередньої підготовки полягає у формуванні неочищеної води для оптимальної роботи зворотного осмосу. З загального ставку-накопичувача неочищена вода обох шахт перекачується на завод попередньої підготовки. До ставку вже додано альгіцид.

Попередня підготовка складається з наступних кроків:

- Отримання показників рН за допомогою сірчаною кислоти, флокуляція алюмінію за допомогою полімеру у вигляді допоміжного засобу для флокуляції та седиментації;
- Двохслойна фільтрація піском та антрацитом;
- Фільтрація гранульованим активованим вугіллям для видалення вуглеводнів унаслідок випадкових розливів нафти;
- Дозування гексаметафосфату натрію в лінії, щоб запобігти виникнення нальоту на мембранах ЗО;
- Постійне або тимчасове дозування хімічних засобів для дезінфекції, наприклад, гіпохлорид натрію або бісульфіт натрію. Бісульфіт натрію також для дехлорування.

Шлам з відстійників та освітлений промитий шлам з фільтрів згущується перед тем, як відправити в шламівідстійники.

Підготовлену воду подають на установку ЗО. В цілому працює 7 ліній ЗО, чотири - для Дебієнско та три - для Будрика. Етап у кожній лінії ЗО становить відповідно дві для Дебієнско та три для Будрика. Перед тим, як вода буде подана до мембран, застосовують дві стадії

мікрофільтрації (50 мкм та 5 мкм). Кожна лінія ЗО (Малюнок 38) має власний насос високого тиску, тобто вони можуть працювати незалежно. Це корисно у випадку очищення мембран або при зміні обсягу. Процес контролюється рН-датчиком, витратоміром, системою реєстрації даних тощо. Якість фільтрату буде контролюватися за допомогою вимірювача провідності.



Малюнок 38 Установа зворотнього осмосу

Фільтрати з усіх ліній ЗО змішують перед установкою подальшої очистки. Потік подають до декарбонізатора для видалення двоокису вуглецю, який виникає в ході додавання кислоти на установці попередньої обробці. Для використання фільтрату у якості питної води необхідні подальші засоби, як додавання хлору проти бактеріологічного росту в резервуарах та трубах та додавання гідроксиду кальцію для регулювання значення рН та збільшення тимчасової жорсткості.

Потім розсіл після процесу ЗО подають до концентратора розсолу. Це випарний агрегат з падаючою плівкою. Концентрація потоку відбувається біля точки, при якій NaCl осаджується. Сульфат кальцію, що виділяється з розчину, буде осідати на ділянках кристалізації, що виникають завдяки зародкам кристалізації, а не на поверхні нагрівача. Слідом за розсоллом продукт буде очищений від кристалів сульфату кальцію в освітлювачі. Перетоки з освітлювача доводять до показників рН за допомогою гідроксиду натрію, а потім подають до кристалізатора (Малюнок 38).



Малюнок 39 Кристалізатор

Кристалізатор виробляє хлорид натрію, дистилат та продувний матеріал із домішками, що надходять з вхідної рідини. Кристалізатор представляє собою примусову циркуляцію зануреними трубчастими випарниками, оснащеними механічним агрегатом рекомпресії пари. Об'єм корпусу визначається часом дії, необхідної для одержання кристалів NaCl необхідного розміру. Треба випарити велику кількість води, щоб отримати сіль. Пара з цього механізму стискається і конденсується в нагрівачі кристалізатора. Сольові шлами зливають до центрифуг, обезводнюють, а потім висушують в охолоджувачі сушки кип'ячого слою. Продувні продукти після кристалізатора проходять обробку хімічним та термічним способом для отримання додаткового дистилату та отримання інших хімічних речовин.

У наведеній нижче таблиці (Таблиця 31) представлений огляд витрат, пов'язаних з процесом демінералізації води в Дебієнско/Будрик¹².

¹² Дані були отримані з проекту MANAGER (Управління скидів шахтних вод для зменшення екологічних ризиків на період після видобутку корисних копалин), проект з екологічних досліджень та розвитку, який фінансується Європейським Союзом.

Таблиця 31 Витрати на установку демінералізації Дебієнско/Будрик

Подача води [м³/д]		12000
Вміст солей [г/л CL]		23
Капітальні інвестиції	млн. €	
60		
Виробничі витрати	Євро/рік	Євро/м³
Матеріали	550 000,00	
Електроенергія	2 475 000,00	
Послуги	200 000,00	
Обслуговування	550 000,00	
Персонал	2 062 500,00	
Накладні витрати	350 000,00	
Вартість капіталу (5% інвестицій/рік)	3 000 000,00	
СУМА	9 187 500,00	
Прибуток від продажу продуктів	2 475 000,00	
Вартість демінералізації	6 712 500,00	1,53

6.6 КОНЦЕПЦІЯ УСТАНОВКИ В КРИВОМУ РОЗІ

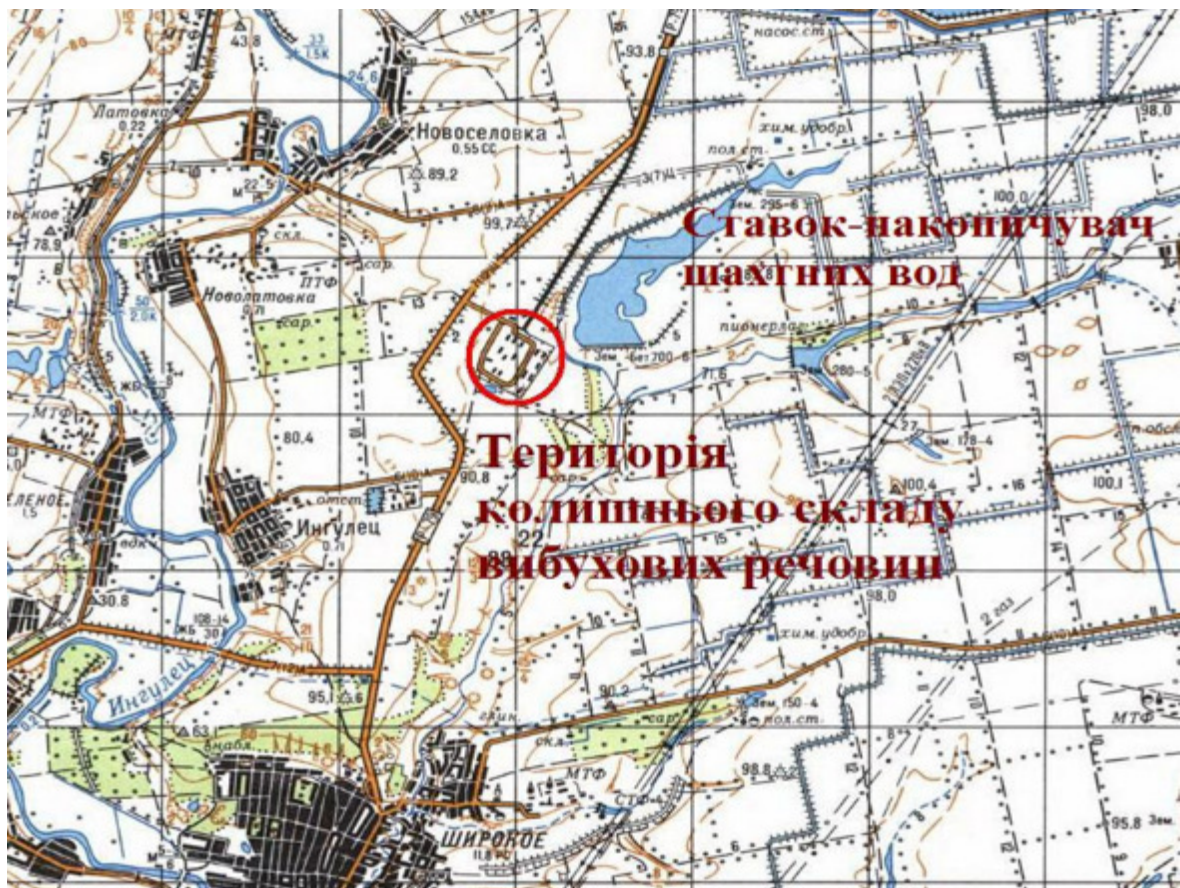
Базуючись на технічному огляді вище ДМТ вважає, що процес (комбіновані модульні етапи процесу попередньої обробки, зворотного осмосу та випаровування/кристалізації), придатний для демінералізації близько 16 млн. м³/рік Кривбасу. Установка з демінералізації працюватиме 24 години на добу, 365 діб/рік та матиме наступні характеристики:

- Річна подача води: прибіл. 16 млн. м³;
- Добова подача води: прибіл. 43,900 м³; та
- Подача води у годину: прибіл. 1 830 м³.

Обесолення води за допомогою зворотного осмосу буде генерувати демінералізовану воду, а також великий об'єм високомінералізованого розсолу. Це означає, що ми матимемо таку саму ситуацію, як і раніше, тільки розподіл води та солі змінився. Слід зазначити, що обидва процеси виробляють, окрім чистої води, другу частину сольового розчину або твердої фракції, чиє подальше використання є проблематичним.

6.6.1 ПОТЕНЦІЙНЕ МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ

Специфіка застосування обладнання з очистки (демінералізації) високомінералізованих шахтних вод Кривбасу полягає в тому, що для нормальної роботи устаткування по знесоленню, необхідно забезпечити стабільні гідрохімічні показники вихідної шахтної води, яка буде подаватися на очистку. Враховуючи, що відкачка води з шахт Кривбасу, на протязі доби здійснюється не рівномірно, а також з різних горизонтів та з різними гідрохімічними показниками, при застосуванні технологічного обладнання по знесоленню шахтних вод на поверхні, на всіх шахтах, необхідно буде створювати ставки – відстійники, для накопичування певного обсягу води, усереднення та стабілізації хімічного складу, а також часткового освітлення шахтних вод від завислих речовин. Лише після відстоювання та стабілізації хімічного складу шахтної води, можливий забір певного обсягу води на наступний технологічний цикл водопідготовки та очистки. Будівництво, на кожній із шахт, таких ставків-відстійників, виробничих ділянок з очистки шахтних вод та створення необхідної інфраструктури навколо цих об'єктів, вимагатиме додатково виділення земельних ділянок, що в умовах Кривбасу, є досить складною задачею, оскільки шахти розташовані практично в міській жилій зоні, де обмежені чи взагалі відсутні вільні для забудови території. За існуючих умов, ідеальним варіантом, з точки зору місця розташування та режиму роботи є діючий ставок-накопичувач шахтних вод, розташований поза межами м. Кривий Ріг, в Широківському районі Дніпропетровської області (Малюнок 40).



Малюнок 40 Потенційне розташування устаткування з очистки шахтних вод

Шахтна вода, яка надходить від південної групи шахт, потрапляючи в ставок-накопичувач, змішується, відстоюється, освітлюється та усереднюється по хімічному складу починаючи з верхів'я ставка-накопичувача. В місці водозабору шахтних вод на скид (гребля ставка-накопичувача) шахтні води мають стабільний усереднений хімічний склад та максимальне освітлення від завислих речовин і в необхідному обсязі можуть відбиратися для їх знесолення. Таким чином діючий ставок-накопичувач є оптимальним об'єктом для усереднення, освітлення та відбору шахтної вод на очистку (демінералізацію).

Виходячи з вище викладеного, розміщення виробничого майданчика та обладнання по знесоленню (демінералізації) шахтних вод, раціонально було б розташувати неподалік від ставка-накопичувача шахтних вод або безпосередньо на ставку-накопичувачу, залежно від наявності необхідних площ.

Аналізуючи місцевість в районі розташування ставка-накопичувача шахтних вод та об'єкти, які розташовані неподалік від нього, вибір припадає на територію колишнього складу вибухових речовин, розташовану поруч зі ставком-накопичувачем. Це місце має низку переваг, а саме:

- вдале розташування відносно ставка-накопичувача шахтних вод;
- до об'єкту підведені під'їзні шляхи та відповідні комунікації;
- у минулому об'єкт мав промислове призначення, тому значно спрощується процедура отримання дозвільних документів на нове будівництво;
- територія об'єкту достатня для розміщення необхідної кількості обладнання по знесоленню (демінералізації) шахтних вод;
- і саме головне, не має потреби у виділенні додаткової земельної ділянки для нового будівництва поблизу ставка-накопичувача шахтних вод.

Разом з тим, необхідно зазначити, що зазвичай застосування технологій по знесоленню шахтних вод потребують значної кількості енергоносіїв (теплова, електрична та інші види енергій). Поблизу ставка-накопичувача та потенційного місця розташування виробничого майданчика та обладнання по знесоленню (демінералізації) шахтних вод, відсутні енергогенеруючі об'єкти, з яких можливо було б залучити певні види енергій. Однак даний район є досить перспективним місцем для розвитку та впровадження так званих «зелених» технологій з генерації електричної енергії використовуючи енергію вітру та сонячну енергію.

6.7 ПРОДУКТИ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ

Під час процесу демінералізації утворюються різні продукти. У процесі попереднього очищення треба вилучити забруднюючі речовини перед подачею до зворотного осмосу, тому що це негативно вплине на процес зворотного осмосу. На цьому етапі процесу видаляються, наприклад, завислі тверді речовини, гідроуглеводи, залізо і магnezія будуть зосереджені в фракції шламу. Проте частина цієї фракції є порівняно невеликою і залежить від точного хімічного та фізичного складу загального потоку шахтної води, що підлягає демінералізації.

У наступних попередніх оцінках розглядалася лише основна частина забруднюючих речовин - хлорид і сульфати. Інші забруднювачі на цій стадії невідомі. Дані розраховані на один рік.

- Пodaча: 16 млн. м³ ; розчинених твердих часток: прибл. 38,8 г/л

Під час процесу зворотного осмосу очікується зміна пропорцій 70%. Невеликі частини солі на етапі демінералізації не розглядають на цій стадії. Таким чином, на виході зворотного осмосу отримають із потоку 16 млн. м³ наступні потоки матеріалу.

- Демінералізована вода: прибл. 11,200,000 м³
- Високомінералізований розсіл: прибл. 4,800,000 м³ (Хлорид та сульфат: прибл. 129 г/л)

4,800,000 м³ буде подано на останній етап процесу випаровування/кристалізації. З цього кроку також отримують демінералізовану воду та твердий продукт.

- Демінералізована вода з випарювання: близько 4 490 000 м³

Тверді частини з розчину складуть близько 310 000 м³ або 620 800 т (середня припустима щільність солі/твердого матеріалу 2 кг/дм³).

Таким чином, на виході демінералізації шахтної води Кривбасу буде близько 15 690 000 м³ демінералізованої води та близько 310 000 м³ (620,8 тис. т) твердого соляного матеріалу.

6.8 ВИТРАТИ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЮ

Наступна оцінка витрат базується на досвіді DMT та витратах діючих установок. Оцінка вартості капіталу не враховує витрати на підготовку локального майданчику та, наприклад, придбання власності.

6.8.1 КАПІТАЛЬНІ ВИТРАТИ

Аналогічна реалізованою на польських шахтах Дебієнско та Будрик технологія демінералізації була запропонована в Україні у дослідженні установок демінералізації шахти «Артема» (інститут «УкрНДІ Водоканалпроект», Київ, 2010 р.). Потужність та капітальні витрати цих установок наведені в Таблиця 32. На цьому етапі не розглядається можливе зменшення витрат за рахунок розвитку майбутнього розвитку технології.

Таблиця 32 Капітальні витрати на установках Дебієнско/Будрик та ш. Артема

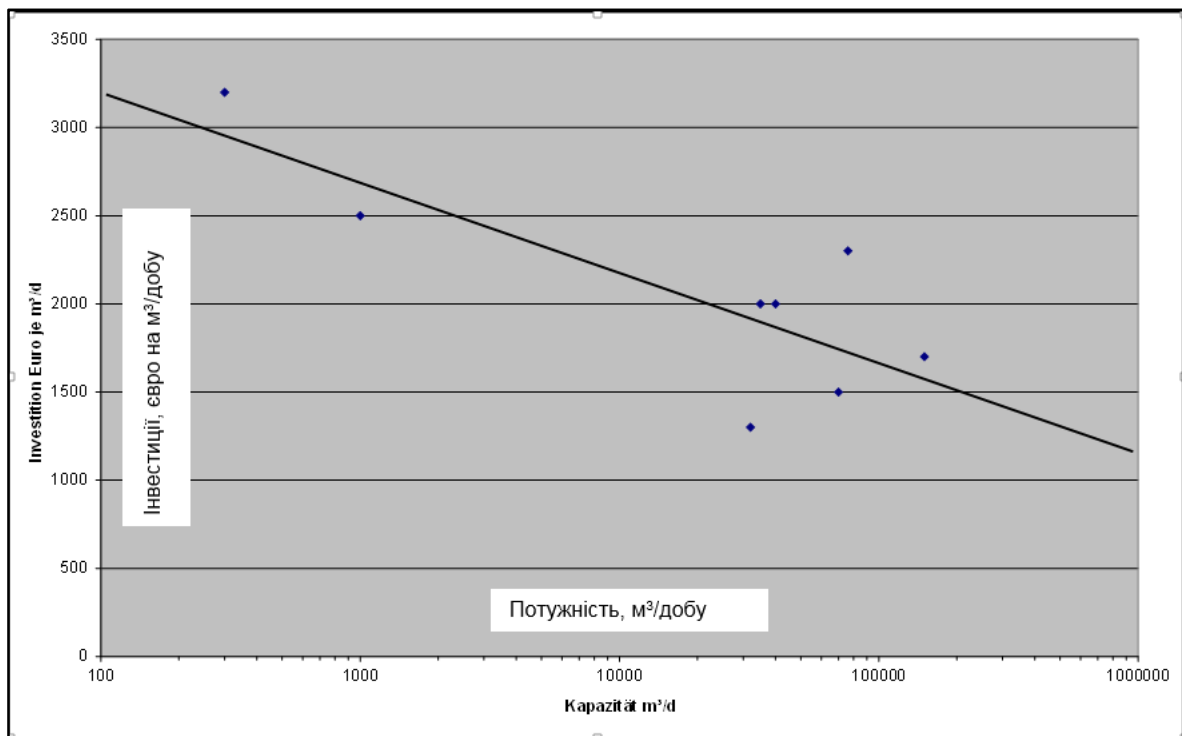
Шахта	Потужність в м ³ /день	Капітальні витрати млн. євро
Дебієнско/Будрик	12,000	60
Артема (розрахункові)	12,055	70

Капітальні витрати на установці Дебієнско/Будрик та Артема відносно витрат м³/день надані далі:

- Дебієнско/Будрик: 5000 € за м³/день; та
- Артема 5800 € за м³/день.

Необхідна потужність установки становить близько 44 000 м³/день. Досвід ДМТ показує, що лінійна інтерполяція витрат, залежно від потужності, не є коректною. Для отримання більш точної бази інтерпретації в ДМТ оцінили вартість та технічні параметри ряду великих опріснювальних установок в Австралії, США та регіоні Північної Африки та Близького Сходу (Малюнок 41). Оцінка була заснована на установках з демінералізації лише з термічними процесами, оскільки це найбільш часто використовуваний процес для великого обсягу води. Розглядаєми технологія для Кривбасу також є комбінація двох терміного процесу зі зворотнім осмосом.

Нижче наведений аналіз не дає абсолютно точної інформації щодо капітальних інвестицій, необхідних для установки демінералізації Кривбасу, але є базою для оцінки пропорції



капітальних витрат на будівництво великих установок відносно їх потужності.

Малюнок 41 Капітальні витрати на діючі установки термічної демінералізації

На основі лінії тренду можна побачити, що обсяг капітальних інвестицій знижується із ростом потужності установки. Оцінка лінії тренду – $y = -217 \ln(x) + 4204.7$ – між 12 000 м³/д та 44 000 м³/д показує у порівнянні до євро за м³/д коефіцієнт зниження 0,87. При застосуванні цього фактору отримуємо нове значення 4 698 Євро за м³/д як результат інтерполяції.

Таким чином, оцінка капітальних інвестицій, потрібних для установки потужністю 44 000 м³/д, складає близько 207 млн. євро.

Враховуючи витрати на будівництво системи по переорієнтації потоків північної групи шахт на південь 1963,6 млн. грн, загальні капітальні витрати по варіанту, при курсі 29 гривень за євро, становитимуть 6003 + 1963,6 = 7 966 млн.грн.

6.8.2 ОПЕРАЦІЙНІ ВИТРАТИ

Для оцінки операційних витрат використовуються також фактори потреби в електроенергії та основних витратних матеріалах. Енергетичні фактори складаються з оцінок даних Дебієнско та дослідження установки з демінералізації для шахти Артема. Для фінансування капіталу було передбачено коефіцієнт 5%. Витрати на технічне обслуговування та витратні матеріали розглядаються із застосуванням загальних факторів для концептуального планування (технічне обслуговування/запасні частини 3% та витратні матеріали 0,5%), коефіцієнт технічного обслуговування трохи зменшений, тому що такі установки сьогодні дуже надійні і лише невелика потреба в технічному обслуговуванні. Кількість персоналу врахована як 12 операторів, але це не є значною частиною витрат.

Таблиця 33 Операційні витрати на демінералізацію

Стаття	кт год/м³	млн. євро/рік	млн. євро	євро / м³	євро/кВт год (підготовка/ЗО)	Євро/кВт год випарювання/крис	Потужність м³/рік
Електроенергія					0,06	0,03	
Попередня підготовка	0,4						16 000 000
Зворотній осмос	5						
Випарювання/ кристалізація	44						4 800 000
Річні витрати на енергію		12					
Інші операційні витрати							
Капітальні витрати			207				
Річні витрати на фінансування	5%	10,35					
Матеріали	0,50%	1,035					
Ремонт та обслуговування	3,00%	6,21					
Зарплатня		0,072					
Всього операційні		29					
Питомі витрати				1,82			

Експлуатаційні витрати можуть зменшуватися, якщо продукти від попередньої обробки та процесу кристалізації можуть бути продані на ринку. Вочевидь, для цього потрібен ринок з попитом на подібний соляний продукт більш як 600 000 т на рік. Чи існує в ринок з таким потенціалом – предмет окремої маркетингової студії. Референтна установка демінералізації в Польщі покриває близько 37 % операційних витрат з продажу солепродукту (Таблиця 31). Тож, для завдань ТЕО, можна прийняти що потенціо установка в Кривбасі зможе також покривати 37 % операційних витрат з продажу продукту в оптимістичному сценарії. З іншого боку, операційні витрати можуть збільшуватися, якщо складування цього матеріалу є необхідним.

Таким чином, витрати на демінералізацію шахтних вод Кривбасу складуть близько 6 млрд. гривень¹³ капітальних витрат та 841 (в оптимістичному сценарії 530) млн. грн / рік операційних витрат. Додатково враховуються витрати (144,49 млн. грн.) на воду (210 млн. м³) для розбавлення інших забруднювачів води в р. Інгулець, задля забезпечення цільової якості води та 11,79 млн. грн. переорієнтації потоків північної групи шахт. Відповідно, операційні витрати становитимуть 997,28 (в оптимістичному сценарії 686,28) млн. грн / рік (Таблиця 34).

Таблиця 34 Витрати на демінералізацію

Витрати [млн. грн.]	Без продажу солепродукту	З продажем солепродукту
Капітальні	7 966	7 966
Операційні	997,28	686,28

6.9 ЯКІСТЬ ВОДИ В РІЧЦІ ІНГУЛЕЦЬ

Якість води в річці Інгулець буде аналогічною до варіантів з відводом шахтних вод до Дніпра або Чорного моря. Відповідно потрібно 210 млн. м³ води на рік для розбавлення скидів (Малюнок 30). Це, вочевидь, є наслідком постійно фонові концентрації інших окрім шахтних вод забруднювачів.

¹³ Обмінний курс прийнято 29 гривень за євро

7 ОТРИМАННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ ТВЕРДОГО МАТЕРІАЛУ (АЗБ)

Залишки від процесу демінералізації можуть бути високим сольовим розсолом або твердою сольовою сумішшю, переважно із хлориду натрію та сульфату натрію. ЗО створює висококонцентрований сольовий розчин, з яким важко працювати. Ситуація буде такою ж, як і перед процесом очистки, тільки кількість мінералізованої води зменшилась, але збільшився вміст мінералізованих солей, проблеми залишилися ті ж самими, бо немає розумного рішення щодо використання цієї високомінералізованої води. Включення розсолу в тверду масу за допомогою цементу та/або золи (шлаків) є можливим. Проте тоді ця тверда маса повинна бути утилізована, наприклад, для засипки в шахті або на відвалі. Але головне питання полягає в тому, наскільки добре мінерали можуть бути закріплені в "цементній структурі", так що повторна сепарація неможлива. Якщо сепарації неможливо уникнути, використання в якості засипки неможливе в районах, де можливе просочування води. Те саме стосується і утилізації таких цементних матеріалів на відвалах.

В обраному вище процесі отримують лише тверді залишки. Цей сольовий матеріал також можна зберігати на відвалах. Цей спосіб також використовується в промисловості з видобутку солі в Німеччині, але ведеться дуже багато активних дискусій і спорів з цього приводу. Проблемою таких відвалів є вихід мінералів до ґрунтових вод і, наприклад, в річки неподалік. Це може бути зменшено гідрологічним бар'єром під відвалом, але залишається проблема дренажу з поверхні відвалу. Повна ізоляція подібних відвалів від впливів дощу не здається реалістичною.

Серед існуючих технологій утворення твердих мас на основі рідких відходів (цементация, бітумізація, заскловування) найбільш прийнятним для розглянутих умов можна вважати цементування. Це найбільш дешевий спосіб серед зазначених, більшість компонентів для створення бетонних сумішей наявні на місці. Позитивним чинником є близьке розташування потужностей для виробництва цементу в м. Кривий Ріг.

Однією з основних вимог до бетонних сумішей отриманих з залученням розсолів та/або вод з високою мінералізацією для умов Кривого Рогу буде їх нерозчинність. Лабораторія будівельних матеріалів ДМТ розробила ряд рецептів для отримання бетонних сумішей з залученням вод з високою мінералізацією (так звані солебетони Малюнок 42).

В рамках розробки оптимальної рецептури солебетонів ДМТ виконувалися ряд досліджень можливостей отримання нерозчинних солебетонів. Соляний бетон використовується в відпрацьованих соляних шахтах для будівництва бар'єрів та перемичок. Якщо в таких соляних шахтах з'являється рідина, то вона звичайно насичується сіллю, і ніякі мінералізовані солі не можуть виділитися із матеріалу перемичок. У разі контакту з немінералізованою водою сепарація солі можлива. В результаті лабораторних досліджень компанія ДМТ не змогла отримати нерозчинного солебетону. Слід відзначити, що ДМТ також невідомі вдалі приклади отримання нерозчинних солебетонів в Німеччині та інших країнах. Отже, використання такого сольового цементу обмежене.



Малюнок 42 Солебетон

Для виробництва солевого бетону зроблено припущення, що маса 1 м^3 буде приблизно 1,8 т. Потреба у цементі складає тоді близько 0,3 т, а потреба у воді становить близько 50% частини цементу - 0,15 т. Цей показник отримають з відношення вода – твердий матеріал (цемент) 0,5. Відношення вода – твердий матеріал 0,5 є середньою величиною для забезпечення доброго реагування цементу. Це значення може варіюватися від 0,35 до 1. Частинки солі будуть включені в цю цементну структуру. Із збільшенням вмісту частини цементу збільшується кількість частини солі. Подібні суміші будуть утворювати тверду матрицю, але не гарантують, що солі та мінерали не виділяться при контакті з прісною водою. Частину цементу можна замінити максимально до 50% золою після електрофільтрів електростанцій.

Підхід щодо зменшення обсягу розсолу після зворотного осмосу виявився складним через відоме співвідношення вода – твердий матеріал (цемент). Необхідне значення 0,5 означає, що для ущільнення розсолу необхідно мати приблизно вдвічі більшу кількість цементу/золи. Тобто для проекту в Кривому Розі для $4,800,000 \text{ м}^3$ розсолу буде потрібно 9,6 млн. т цементу.

Ці оцінки можуть бути дещо скореговані у разі диференційованої (на окремих шахтах) демінералізації перед змішуванням у накопичувачі в б. Свистунова.

7.1 ВИКОРИСТАННЯ В БУДІВНИЦТВІ

Існують певні обмеження на якість води для приготування бетонних сумішей. Згідно з українського стандарту ГОСТ 23732-2011 бетонні суміші мають створюватися на воді з умістом солей до 10 г/л. Навіть для поливки зовнішніх бетонних поверхонь допускається використання води з мінералізацією до 35 г/л. Використання більш солоної води може призводити до зменшення міцності бетону, який з часом почне руйнуватися через вивітрювання та вплив атмосферних вод. Зважаючи на середню мінералізацію шахтних вод балки Свистунова близько 38,8 г/л, використання бетонних виробів на основі розсолів для господарських потреб в межах існуючих стандартів не допускається.

Таким чином, цементация як засіб утилізації шахтних вод або розсолів – відходів демінералізації шахтних вод - потребує додаткових досліджень у галузі будівельної хімії: виготовлення бетонних виробів на основі розсолів.

Зважаючи на технічні та законодавчі перепони використанню шахтних вод в будівництві, потенційними об'єктами для розміщення твердих мас отриманих в процесі очистки (демінералізації) шахтних вод в Кривбасі могли б бути вільні відкриті та підземні гірничі виробки, відпрацьовані рудні та нерудні кар'єри, або відпрацьований підземний простір. Ці опії розглядаються в наступних розділах.

7.2 УТИЛІЗАЦІЯ КІНЦЕВИХ ПРОДУКТІВ ПІД ЗЕМЛЕЮ

За інформацією наданою державним підприємством «Державний інститут по проектуванню підприємств гірничорудної промисловості «Кривбаспроект»», в різні часи видобуток залізних руд в Кривбасі підземним способом здійснювався з застосуванням наступних систем розробки:

- поверхово-камерна;
- підповерхово-камерна;
- підповерхового обвалення;
- поверхового обвалення;
- із закладанням виробленого простору.

Системи з закладанням виробленого простору застосовувалися в Кривбасі лише на двох шахтах: «Октябрьська» ВО «Кривбасруд» та «Південна» РУ ім. Ілліча. На рівні 80-90 років минулого тисячоліття робота шахти «Південна» була зупинена у зв'язку з її збитковістю, а по шахті «Октябрьська» було прийнято рішення відмовитися від роботи шахти системою із закладанням виробленого простору з економічних міркувань (зростання собівартості видобутку руди у зв'язку з інтенсивним збільшенням глибини ведення гірничих робіт, зростання конкуренції на ринку залізничної продукції, підвищення вимог щодо якості товарної продукції). В теперішній час система відпрацювання із закладанням виробленого простору в Кривбасі не застосовується (Таблиця 35).

Таблиця 35 Системи розробки та параметри шахт Кривбасу

Назва підприємства	Кількість шахт в структурі підприємства	Діюча система відпрацювання рудних покладів	Проектна глибина ведення очисних робіт	Фактична глибина ведення очисних робіт	Прогнозний термін відпрацювання балансових запасів
ПАТ Кривбасзалізрудком	Тернівська	підповерхневого обвалення, поверхнево та підповерхнево	1500м	1275-1350м	2080р. (до гор. 1955м)

Назва підприємства	Кількість шахт в структурі підприємства	Діюча система відпрацювання рудних покладів	Проектна глибина ведення очисних робіт	Фактична глибина ведення очисних робіт	Прогнозний термін відпрацювання балансових запасів
	Гвардійська	камерна підповерхневого обвалення, поверхнево та підповерхнево	1510м	1270-1350м	2076р. (до гор. 1990м)
	Октябрьська	камерна підповерхневого обвалення, підповерхнево	1490м	1190-1265м	2110р. (до гор. 2015м)
	Батьківщина	камерна підповерхневого обвалення	1465м	1315-1390м	2087р. (до гор. 1765м)
ПрАТ ЄВРАЗ СУХА БАЛКА	Ювілейна	поверхнево та підповерхнево	1580м	1420м	2036р.
	ім. Фрунзе	камерна підповерхневого обвалення	1285м	1210м	2024р.
ПАТ АрселорМіттал Кривий ріг	Шахта АМКР	підповерхневого обвалення	1315м	1135м	2038р. (до гор. 1315м)
ПРАТ ЦГЗК	ім. Орджоникідзе	поверхнево камерна	607м	527м	2036р.
	Гігант-Дренажна	Законсервована перебуває в режимі гідрозахисту	800м	800м	
ПРАТ ПІВНГЗК	Першотравнев а-Дренажна	Законсервована перебуває в режимі гідрозахисту	920м	920м	

За геологічним умовам залягання запасів залізних руд і гірничотехнічних умов їх відпрацювання, виїмка цих руд системами розробки із закладенням виробленого простору можлива (Малюнок 43).

Система розробки із закладкою, більш придатна для шахт з міцними породами – шахти " Тернівська (Леніна), Орджонікідзе, Гвардійська КЗРК. У шахтах зі слабкими породами не утворюються порожнечі в чистому вигляді. Разом з обваленням руди відбувається обвалення і налягаючих порід.

Проте, детальний аналіз умов шахт може ідентифікувати істотні обмеження для роботи з закладкою на окремих шахтах. Наприклад, питання переходу на відробку рудних покладів системою іншого класу, а саме з частковим використанням систем з твердіючою закладкою

очисного простору розглядався інститутом ДП «ДПІ Кривбаспроект» у проєкті «Розкриття та розробка горизонтів 1340м, 1415м і 1490м шахти «Октябрьська» (2010).



Малюнок 43 Приклад системи розробки з закладкою¹⁴

Глибини на яких проводяться очисні роботи (1265 м і нижче), фізико-механичні властивості руди та вміщуючих порід, дозволяють відпрацювати не більше 30% річного обсягу видобутку руди шахтою з застосуванням системи із закладанням виробленого простору. Розмір камери по простиранню на підповерху при товщині рудного покладу 15 – 20м не може перевищувати 18–22м. За таких умов через два три – поверхи по глибині шахта «Октябрьська» не зможе працювати камерними системами і вимушена буде перейти повністю на системи з обваленням, де використання закладки неможливе.

7.2.1 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Міцність закладки в меншій мірі залежить від міцності порід, а повинна відповідати системі відпрацювання і геометричними розмірами камер – при обваленні цілика одночасно відбувається і часткове обвалення закладки, що призводить до засмічення руди. Засмічення руди закладочним матеріалом з вмістом заліза 0% несе значно більш негативний ефект, ніж засмічення некондиційної руди з вмістом заліза 30%.

¹⁴ Приклад системи НИГРИ (Кривий Пір)

Всі ці фактори на різних шахтах відрізняються, тому і вимоги до закладочного матеріала відповідно різняться. За комплексом вимог міцність закладки може коливатися від 3 до 8 МПа. Основними вимогами до закладки є : межа міцності на стиск на 90 добу, твердіння - 3,0-8,0 МПа; рухливість суміші -10-11см., текучість - до 20 см.

Використання мінералізованих вод в їх природному вигляді для приготування твердіючих сумішей наврядчи буде раціональним. При мінералізації води понад 10 г/л відбувається зниження міцності закладки на 30-50 % і більше, а ці води мають мінералізацію до 30-40 г/л (іноді до 90 г/л). Меншою мірою шахтна вода знижує твердіння шлакового сполучного (міцність знижується на 20%), а цемент може взагалі не тверднути.

7.2.2 ПОТЕНЦІАЛ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

Сучасна продуктивність видобутку залізних руд підземним способом в Криворізькому басейні становить близько 8,0 млн. т/рік. При цьому середня об'ємна вага руди становить близько 3,8 т/м³. За умови повного переведення всіх шахт басейну на системи розробки з твердіючою закладкою, закладного матеріалу потрібно близько 2,1 млн. м³ на рік. Якщо в розрахунок прийняти тільки 3 працюючі шахти, такі званої «південної групи», які скидають води в накопичувач «Балка Свистунова», в такому разі потрібно закладного матеріалу в обсязі 600 – 900 тис.м³/рік.

Як визначено в Розділі 6.7 на рік необхідно захоронити 0,6 млн т (або 0,3 млн м³) солей в безводному стані, чи 4,1 млн т (3,4 млн м³) солей у вигляді насиченого розчину. Враховуючи, що для водостійкого стану солевідходів у розчин необхідно добавляти молотий шлак та інші складові, сумарний обсяг закладної суміші за рік буде становити близько 0,6 млн м³ для безводних солевідходів, або 6,8 млн м³ при захороненні концентрату солевідходів. Таким чином, в разі переведу всіх шахт Кривбасу на роботу з закладкою, потенційно, в наявності достатньо місця для утилізації сухих продуктів демінералізації шахтних вод у відпрацьованому просторі. В той же час, об'ємів виробленого простору відпрацьовуємого шахтами та , потенційно необхідної закладки, буде недосить для утилізації концентратів солевідходів.

7.2.3 ВИТРАТИ

Як зазначено вище, в Кривбасі розробка з закладкою використовувалась в 70 – 90і роки минулого сторіччя. З досвіду роботи залізрудних шахт Криворізького басейну 60-80-х років, використання систем розробки з твердіючою закладкою призводило до збільшення собівартості видобутку руди на 20 - 30 % у порівнянні з застосуванням систем розробки з обваленням руди і вміщуючих порід. В 2010 р у дослідженні «Кривбаспроект» для шахти «Октябрська» було вираховано зменшення річного валового прибутку від реалізації товарної продукції на 22 % при переводі шахти на роботу із закладкою. Ця оцінка корелюється з дослідженням переходу шахт, подібних Криворізьким, на розробку з закладкою і навпаки Інститута Горного Дела СО РАН виконані в 2003. Аналізувались шахти Сибіру та Далекого Сходу Росії що ведуть розробку родовищ Норільського регіону на глибині до 1,5 км, Горної Шорії (900м), Далекого Сходу (1000 м). Згідно з результатами дослідження (Таблиця 36), застосування системи ро-

зробки з закладкою збільшує витрати на видобуток і переробку до якості готової руди на 14,6 % і кінцево знижує прибуток (до сплати податків) на 13,5%.

Таблиця 36 Собівартість видобутку із закладкою vs з обваленням¹⁵

Табл. 1 Сравнительные технико-экономические показатели систем разработки на Николаевском руднике ОАО «ГМК Дальполиметалл»

Показатель	Системы разработки	
	Камерноцеликовая с закладкой (базовая)	Сплошная камерная с обрушением кровли
Объем подготовительнонарезных работ на 1000 тонн руды, м ³	76.5	76.5
Коэффициент извлечения запасов, доли ед.	0.929	0.918
Коэффициент изменения качества, доли ед.	0.851	0.83
Затраты на добычу руды, %	100.0	76.6
Всего затрат на добычу и переработку, %	100.0	85.4
Сравнительная прибыль на 1 тонну балансовых запасов (до уплаты налогов), %	100.0	113.5

Таким чином, ДМТ виходить з росту витрат на видобуток та переробку руди при зміні системи розробки із закладкою на 15%. Середня собівартість видобутку руди для шахт Кривбасу складає в 2017 році близько 23,25 євро/т¹⁶. Для утилізації 600 тис. т солей в закладочній суміші потрібно видобути близько 2 280 000 т руди із закладкою. Таблиця 37 демонструє розрахунок збільшення собівартості видобутку такої кількості руди з закладкою.

Таблиця 37 Збільшення витрат з закладкою

Видобуток руди	Середні витрати на видобуток та переробку Кривбас	Ріст витрат на видобуток та переробку з закладкою	Ріст витрат на видобуток та переробку з закладкою	Річний ріст витрат на видобуток та переробку з закладкою	Капітальні витрати на комплекс закладки
[т]	[EUR]		[EUR/ t]	[EUR]	[EUR]
2 280 000	23,25	15%	3,49	7 951 500	5 000 000
1 436 400	23,25	15%	3,49	5 009 445	5 000 000

¹⁵ Институт горного дела СО РАН

¹⁶ Укрудпром

Відповідно утилізація сухого соляного продукту демінералізації шахтних вод потребуватиме близько 150 млн. грн¹⁷. інвестицій на обладнання та переоснащення шахт та щорічних додаткових витрат на рівні 236,48 млн. грн.

7.2.4 РИЗИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ

Українським законодавством захоронення відходів передбачається з спеціального дозволу Кабінету Міністрів.

У виробленому просторі рудних шахт на закладу діють неконтрольовані статичний та динамічні навантаження. Тож, з часом закладка отримує тріщини, по яким в матеріал потрапляє вода. При контакті з водами імовірно вилуговування утилізованих солей та інших елементів з закладки з наступним їх портапленням до підземні водоносні горизонти та поверхневі водотоки.

З іншого боку, реалізація технології підземного видобутку руди з закладкою виробленого простору дещо зменшить припливи шахтних вод. Але це буде стосуватися тільки припливів зі слабомінералізованих верхніх водоносних горизонтів. Орієнтовно загальні водопритоки в шахту зменшаться на 30-40 % при збільшенні концентрації солей в шахтних водах. Наряду з цим закладання виробленого простору може підвищити безпеки гірничих робіт та стабільність споруд та будівель на поверхні. Подібні технічні міри також відповідатимуть впровадженню найкращих доступних технологій управління відходами видобувної промисловості згідно Директиви 2006/21/ЄС.

7.3 УТИЛІЗАЦІЯ КІНЦЕВИХ ПРОДУКТІВ В КАР'ЄРАХ

На період в 10 років необхідний максимальний об'єм захоронення буде становити 68 млн м³, при захороненні концентрату солевідходів для чого необхідно мати відповідну ємкість. При розрахунку варіанту з випарюванням концентрату демінералізації, об'єм солевідходів буде становити 3,45 млн м³ (чи 34,5 млн м³ на період в 10 років). Для варіанту підготовки водостійкої закладної суміші об'єм солевідходів приймаємо рівним 68,0 млн м³.

7.3.1 НАЯВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

Структура земельних площ гірничодобувних підприємств Кривбасу за станом на 2014 рік була наступною:

- земельний відвід – 22747 га.
- порушених земель – 15634,4 га,

¹⁷ Обмінний курс 29 грн за євро

- в т.ч. кар'єрами – 3867,0 га
 - шахтами – 1042,1 га
- зовнішніми відвалами – 4308,0 га
- хвостосховищами – 7041,8 га.
- відпрацьовано земель – 597,7 га.

Відпрацьовані землі – це землі, які не будуть задіяні в наступному для основної діяльності шахт, вже зараз можуть бути рекультивовані, або використані якимось іншим чином.

Процес обвалення виробленого простору шахт триває більше ніж 100 років, при цьому коефіцієнт розпушування масиву змінюється з 1,25 до 1,05. В зв'язку з цим на їх площах споруди з капітально обладнаною гідроізоляцією створювати неможливо. Тому в зонах обвалення можна розміщувати тільки стійкі до розмиву або розчинення спеціально підготовлені породи та їх суміші. Наприклад, зараз, зони обвалення шахти «Жовтнева» на даний момент засипані пустою породою або некондиційною рудою.

Потенційними об'єктами для розміщення твердих мас, отриманих в процесі очистки (демінералізації) шахтних вод в Кривбасі могли б бути вільні відкриті гірничі виробки, відпрацьовані рудні та нерудні кар'єри. Поточний стан рудних кар'єрів Кривбасу демонструє Таблиця 38.

Таблиця 38 Поточний стан рудних кар'єрів Кривбасу

Назва підприємства	Кількість кар'єрів в структурі підприємства	Прогнозний термін відпрацювання балансових запасів
ПРАТ «ПІВНГЗК»	Першотравневий Ганівський	2051р. 2050р.
ПРАТ «ЦГЗК»	Глеюватський №1 Петрівський №3 Артемівський №4 Глеюватський №2	2053р. 2049р. 2055р. Відпрацьований, перебуває на горно-технічній рекультивації, використовується для складування розкритих порід кар'єру №1.
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	Кар'єр №2бис Кар'єр №3 Кар'єр №1	2039р. 2034р. Відпрацьований, перебуває на горно-технічній рекультивації, використовується для складування розкритих порід кар'єру №2бис та №3.
ПАТ «ПІВДГЗК»	Кар'єр ПІВДГЗК	2056р.
ПРАТ ІНГЗК	Кар'єр ІНГЗК	2045р.

З приведених даних видно, що найближчі 17 років в Кривбасі не звільняється жоден з рудних кар'єрів.

З огляду на явний дефіцит в Кривбасі вільних ємностей придатних для тимчасової акумуляції надлишків шахтних вод та постійного накопичення відходів розкривних порід та рудозбагачення, інститутом «Кривбаспроект» з 2005 по 2010 рр. були розглянуті варіанти використання додаткових ємностей для тимчасової акумуляції шахтних вод північної групи шахт – законсервованій Коломійцевський гранітний кар'єр, ємністю 17,7 млн.м³ та відпрацьований Жовтневий гранітний кар'єр, ємністю 5,56 млн.м³.

Коломійцевський гранітний кар'єр розташований в Тернівському районі міста Кривого Рогу на лівому березі р. Саксагань. Родовище розвідане в 1952-53 роках. Станом на 01.01.2002 р залишок балансових запасів становив 16886 тис. м³. З зазначеного періоду і по теперішній час видобуток граніту в кар'єрі не ведеться.

Відпрацьований Жовтневий гранітний кар'єр розташований в Покровському районі м. Кривого Рогу, на лівому березі р. Саксагань. В 2005 році Інститутом геологічних наук НАН України була виконана науково-дослідна робота «Попередня оцінка і прогноз використання Жовтневого гранітного кар'єру для тимчасової акумуляції шахтних вод гірничорудних підприємств Кривбасу», в якій було зроблено висновок про можливість використання гранітного кар'єру Жовтневий для тимчасової акумуляції шахтних вод. В якості розрахункового обсягу акумулюючої ємності кар'єра «Жовтневий» був прийнятий обсяг 5,56 млн. м³.

Однак через «невдале» розташування відпрацьованого Жовтневого кар'єру, безпосередньо в міській жилій зоні та наявний залишок балансових запасів в законсервованому Коломійцевському гранітному кар'єрі, в подальшому ці об'єкти були виключенні з потенційного списку ємностей придатних до використання їх для тимчасової акумуляції надлишків шахтних вод. Ситуація навколо зазначених кар'єрів за останні десятиріччя не змінилася. Тому розраховувати на перспективу на дані ємності, в якості потенційного місця для складування залишків твердих продуктів очищення (демінералізації) шахтних вод Кривбасу, також не варто.

Додатково, на шахті «Тернівська» в стадії засипки знаходяться два кар'єри №1 та №3:

- Кар'єр №1 – площа 12,2 га, об'єм засипки 6,7 млн м³.
- Кар'єр №3 – площа 4,3 га, об'єм засипки 1,7 млн м³.

На шахті «Батьківщина» знаходиться чотири участки, в тому числі два участки кар'єру №4, участок кар'єру №1 та кар'єру №2 загальною площею 51,77 га, в яких можна розмістити 9,144 млн м³ закладної суміші.

Таким чином, в зоні порушених шахтами земель можна розмістити 17,5 млн м³ закладної суміші, що становить об'єм.

Додатково, для захоронення солемісткої суміші може використовуватися деяких участках діючих кар'єрів. Для цього необхідно виділення частини виробленого простору, виконання гідроізоляції дна і бокових площин для розміщення в ньому спеціально підготовлених солевідходів. На площі в 1 га можна розмістити 100 тис. м³ солевідходів. Придатний для цього участок – кар'єр №1 ЦГЗКа площею 50 га. Складування пошарове, висота шару – 10 м,

всього можна організувати три шари. Таким чином, у цьому відпрацьованому та частково засипаному кар'єрі можна розмістити 15 млн м³ солемісткої породної суміші.

Таким чином, визначеного вище простору вистачить для утилізації сухих продуктів демінералізації в складі закладки (0,6 млн.м³/рік) на протязі більше 30 років. В той же час ідентифікований потенціал не є достатнім для утилізації 6,8 млн м³/рік суміші з концентрату солевідходів.

7.3.2 ТЕХНІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ МІРИ

Основною вимогою до участку гідролітосфери, в межах якого буде розміщено полігон солевідходів, є глинистий масив з низьким коефіцієнтом фільтрації (водоупор). Але, враховуючи, що в умовах Кривбасу таких масивів майже немає, то доцільно застосовувати способи водопригнічення.

В останні роки відбулися значні якісні зміни в технології і технічних засобах пригнічення водоприпливів за допомогою тампонування, що проявляється в удосконаленні технології буріння свердловин і нагнітання в них тампонажного розчину, збільшення висоти тампонажних заходок при спорудженні стволів в однорідних породах, зменшенні загальної кількості тампонажних свердловин при збільшенні тиску нагнітання тампонажного розчину, застосуванні різноманітних видів і складів тампонажних розчинів, в залежності від певних гірничотехнічних умов, а також застосування вдосконаленого тампонажного обладнання.

Нині, техніка ін'єкційних робіт настільки вдосконалена, що дозволяє забезпечити необхідні результати практично при будь-якій тріщинуватості порід.

В останні десятиріччя розроблено велику кількість різноманітних гідроізолюючих матеріалів. Це різні види рулонного геотекстилю, геосинтетичних екранів, бентонітових матів та інше. Вони широко застосовуються для забезпечення захисту від впливу різних типів підземних вод, для забезпечення захисту ґрунтів та гірських масивів від проникнення різноманітних шкідливих і забруднюючих речовин, при облатшуванні гідроізоляційного шару полігонів побутових та промислових відходів.

7.3.3 ВИТРАТИ

7.3.3.1 ТРАНСПОРТУВАННЯ

Зважаючи на об'єми та відстані транспортування компоненти закладної суміші доцільно перевозити автотранспортом. Собівартість одного тонокілометра транспортування автосамосвалом ТАТРА 815-2 (17 т, 8,5 м³) дорівнює 3,5 грн. Приймаючи відстань 40 км витрати на транспортування 0,3 млн.т суміші з сухими продуктами демінералізації складатимуть близько 42 млн.грн. на рік.

Для умов Запорізького залізничного комбінату (ЗЗРК) вартість 1 м³ закладної суміші становить близько 86 грн/м³. Відповідно витрати на підготовку річного об'єму суміші складатимуть близько 51,6 млн грн.

7.3.3.2 ВИТРАТИ НА СТВОРЕННЯ ГІДРОІЗОЛЬОВАНОГО ОБ'ЄМУ

Вартість облаштування геосинтетичного екрану становить приблизно 100 грн/м². На площі в 1 га можна розмістити 100 тис. м³ солевідходів. Відповідно, враховуючи додатково 15% на площу укосів дамби, для утилізації річного об'єму 600 тис. м³ потрібно буде облаштовувати 6,9 га екрану. Таким чином витрати на облаштування 69 000 м² гідроізоляції складуть 6,9 млн грн на рік.

7.3.3.3 КОМПЕНСАЦІЇ ВЛАСНИКАМ ЗЕМЛІ

Наразі, немає даних щодо компенсацій власникам землі за відчуження ділянок промислових об'єктів. Згідно з даними Дніпровської Облдежадміністрації на 2017 р така компенсація для земель господарського призначення склала, в середньому, 33 000 грн за гектар. Для відчуження промислових об'єктів ДМТ виходить з менших сум компенсації – близько 11 000 грн/га. Таким чином витрати на компенсації для утилізації річного об'єму суміші складатимуть близько 66 тис грн.

7.3.3.4 ІНШІ

Додаткові витрати на обслуговування та облаштування складу (полігону) утилізованих твердих солевідходів приймаються на рівні 10%.

Таблиця демонструє оцінку витрат на утилізацію річної кількості твердих відходів демінералізації на поверхні.

Таблиця 39 Витрати на утилізацію солевідходів на поверхні

Транспорт	Тверда суміш	Гідроізоляція	Компенсація власникам	Облаштування та обслуговування (10%)	Всього
[грн./рік]	[грн./рік]	[грн./рік]	[грн./рік]	[грн./рік]	[грн./рік]
42 000 000	51 600 000	6 900 000	66 000	10 056 600	110 622 600

Таким чином, витрати на утилізацію твердих відходів демінералізації на поверхні складатимуть близько 110,62 млн грн на рік.

7.3.4 ОБМЕЖЕННЯ ТА РИЗИКИ

Характер негативного впливу на довкілля соляних розчинів можна порівняти з радіоактивним забрудненням. Після попадання соляного розчину в природне середовище (наприклад, в ґрунти) за рахунок випарювання води його концентрація поступово підвищується і при досягненні деякого значення (летальної концентрації) живий організм знищується.

Тому, при організації захоронення солевідходів, необхідно забезпечити відповідний рівень екологічної безпеки.

Основною вимогою при реалізації любого з цих варіантів є виключення можливості вимивання чи фільтрації сольового розчину в підземні водоносні горизонти. Для цього необхідно забезпечити:

- захист полігонів від впливу зовнішніх гідрогеологічних чинників – підземних водоносних горизонтів та водомістких порід;
- захист гірських масивів від впливу солевих розчинів;
- складування солевідходів у вигляді гідростійкого матеріалу.

Аналогічно до варіанту утилізації твердих відходів під землею основним ризиком розміщення їх на поверхні стане фільтрація солей. Понижений спротив руйнуванню при вивітрюванні з часом призведе до вилугування частини солей з твердої фази і засоленню ґрунтів та ґрунтових вод на ділянках розміщення продуктів демінералізації.

Наповнювачі, що потенційно можуть використовуватися для створення твердих мас, можуть містити пірити і давати кислу реакцію, що негативно вплине на міцність бетону та його спротив вивітрюванню при розміщенні на поверхні. Отже необхідно контролювати склад наповнювачів бетонної суміші.

Як і варіант з закладкою цей варіант потребує комплексу експериментальних досліджень для розробки водостійкої суміші на базі відходів демінералізації з залученням матеріалів органічної хімії.

7.4 УТИЛІЗАЦІЯ КІНЦЕВИХ ПРОДУКТІВ НА ПОЛІГОНАХ

Утилізація відходів демінералізації на спеціально обладнаних полігонах потребує площ аналогічних оціненим для опції з кар'єрами вище. Необхідні технічні та організаційні міри та ризики також будуть аналогічними. Відповідно, витрати на таку опцію утилізації будуть близькими до оцінених вище для складування в кар'єрах.

7.5 ВИСНОВКИ

Як видно з аналізу вище, утилізація 12 або 16 млн м³/на рік шахтних вод або близько 4 млн м³/на рік розсолів в твердих продуктах є можливою лише після їх демінералізації та випарювання.

8 РОЗБАВЛЕННЯ МІСЦЕВИМИ СТОКАМИ ТА ВОДОЮ З ДНІПРА (4А)

Додатково до варіантів оптимізації існуючої системи, з розбавленням шахтних вод без капітального будівництва, нижче розглядається розбавлення шахтних вод всіма доступними місцевими стоками та водою з річки Дніпро для скидання в річку Інгулець. Така опція включає будівництво додаткових споруд задля подачі води на розбавлення.

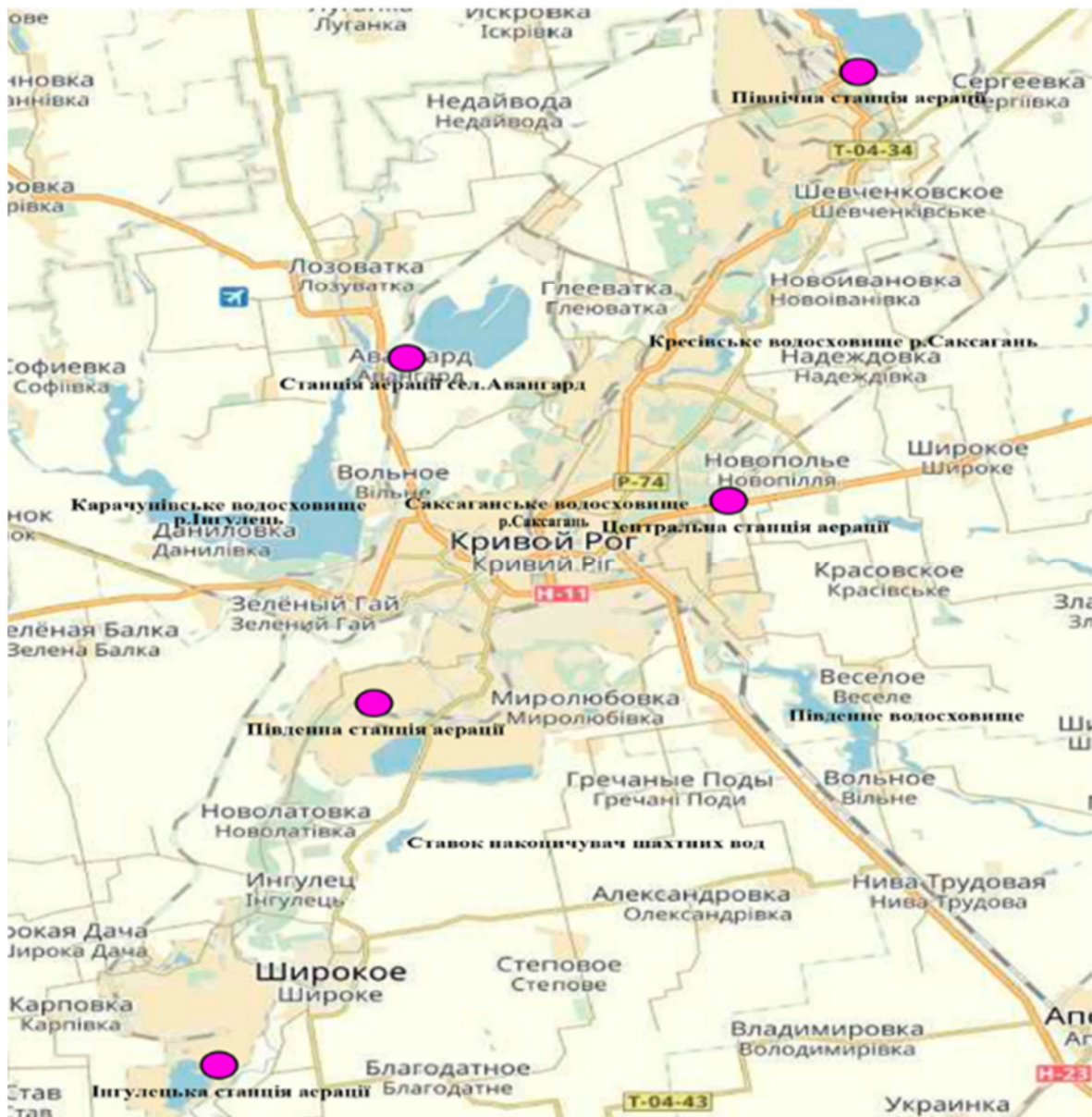
8.1 ІСНУЮЧІ МІСЦЕВІ СТОКИ

Зважаючи на низький рівень опадів в Кривбасі, за даними Криворізької метеорологічної станції середньобагаторічна кількість атмосферних опадів складає лише 483 мм на рік, обсяги утворення зливових стічних вод в регіоні доволі не значні. Водночас, даному виду стоку притаманний періодичний характер утворення, за наявності опадів та талих вод, що робить його практично недоступним до залучення, в якості стабільного джерела, для розбавлення шахтних вод.

Централізованої системи збору, очистки і відведення зливових стічних вод у поверхневі водні об'єкти в Кривбасі не існує. Тому в більшості випадків водовідведення зливових стічних вод з території міста та локальних очисних споруд здійснюється безпосередньо в річки Інгулець і Саксагань, в залежності від місця їх розташування.

За існуючих умов, злизові стічні води, які утворюються в регіоні, являються складовою частиною природного стоку річок Інгулець та Саксагань, який опосередковано приймає участь в розбавленні шахтних вод під час їх скиду, шляхом його перерозподілу, акумулювання та залучення з Карачунівського водосховища на р. Інгулець та Саксаганського, КРЕСівського і Макортівського водосховищ на р. Саксагань.

На території м. Кривий Ріг та Криворізького району постійно функціонують 5 станцій аерацій Криворізьких очисних споруд (КОС) з повним біологічним очищенням стічних вод, призначених для очищення господарсько-побутових та наближених до них за складом промислових стічних вод, з цілодобовим, безперервним режимом роботи (Малюнок 44). Експлуатацію цих об'єктів здійснює комунальне підприємство «Кривбасводоканал» (КП «Кривбасводоканал»).



Малюнок 44 Схема розташування станцій аерації КОС

Центральна станція аерації КОС побудована в 1963 році і розташована на 2 км траси Кривий Ріг – Дніпро. Адміністративно об'єкт розташований в Криворізькому районі Дніпропетровської області. Віддаленість від ставка-накопичувача шахтних вод - 26км на північний схід.

Сумарна проектна потужність 351 тис.м³/добу, в тому числі 1 черга - 50,0 тис. м³/добу, 2-га черга – 79 тис.м³/добу. 3 черга -222 тис.м³/добу. Фактична сумарна потужність за 2016 рік склала 126,7 тис.м³/добу , в тому числі: 1 черга – 12,0 тис.м³/добу, 2 черга – 3,0 тис.м³/добу, 3 черга – 111,7 тис.м³/добу (Таблиця 40).

Водовідведення та поточне використання: очищені стічні води від Центральної станції аерації в повному обсязі, через річки Каменка та Базавлук, відводяться в Каховське водосховище р. Дніпро. Стічні води від Центральної станції аерації КОС постійно задіяні в процесі зниження підвищеного рівня мінералізації природного стоку річок Каменка та Базавлук, для організації питного водопостачання в Софіївському і Апостоловському районах Дніпропетровської області та зрошення сільгоспугідь розташованих в басейні зазначених річок.

Північна станція аерації КОС побудована в 1960 році і розміщена на промисловому майданчику ПРАТ «ПІВНГЗК». Адміністративно об'єкт розташований в м. Кривий Ріг Дніпропетровської області. Віддаленість від ставка-накопичувача шахтних вод - 55км на північний схід.

Проектна потужність 36 тис.м³/добу. Фактична потужність за 2016 рік склала 5,7 тис.м³/добу.

Водовідведення та поточне використання: очищені стічні води від Північної станції аерації відводяться в річку Саксагань. Періодично, за потреби, стічні води Північної станції аерації повністю або частково використовуються для поповнення втрат води з системи зворотного водопостачання на ПРАТ «ПІВНГЗК».

Станція аерації сел. Авангард КОС побудована в 1975 році. Адміністративно об'єкт розташований в с. Мар'янівка, Криворізького району Дніпропетровської області. Віддаленість від ставка-накопичувача шахтних вод – 31 км на північ.

Проектна потужність 1,4 тис.м³/добу. Фактична потужність за 2016 рік склала 0,12 тис.м³/добу.

Водовідведення та поточне використання: очищені стічні води від станції аерації сел. Авангард в повному обсязі задіяні для поповнення втрат води з системи зворотного водопостачання на ПРАТ «ЦГЗК». Відповідно скид стічних вод від станції аерації сел. Авангард в водні об'єкти взагалі не здійснюється.

Південна станція аерації КОС побудована в 1958 році і розміщена на промисловому майданчику ПАТ «ПІВДГЗК». Адміністративно об'єкт розташований в м. Кривий Ріг Дніпропетровської області. Віддаленість від ставка-накопичувача шахтних вод - 7км на північ.

Проектна потужність 37 тис.м³/добу. Фактична потужність за 2016 рік склала 12,5 тис.м³/добу.

Водовідведення та поточне використання: очищені стічні води від Південної станції аерації цілорічно в повному обсязі скидаються в річку Інгулець.

Інгулецька станція аерації КОС побудована в 1964 році. Адміністративно об'єкт розташований в с. Вишневе, Широківського району Дніпропетровської області. Віддаленість від ставка-накопичувача шахтних вод - 19км на південний захід та нижче за течією по р.Інгулець від місця скиду шахтних вод.

Проектна потужність 24 тис.м³/добу. Фактична потужність за 2016 рік склала 6,0 тис.м³/добу.

Водовідведення та поточне використання: очищені стічні води від Інгулецької станції аерації повинні відводитися в річку Інгулець. Однак по факту останні 5 років стічні води Інгулецької

станції аерації в повному обсязі задіяні для поповнення втрат води з системи зворотного водопостачання на ПРАТ «ІНГЗК», і відповідно в річку Інгулець не потрапляють.

Таблиця 40 Обсяги очистки КОС

Назва об'єкту	Обсяги очистки, тис. м³/рік					
	2011р.	2012р.	2013р.	2014р.	2015р.	2016р.
Центральна станція аерації	50764,0	53539,0	63277,0	57400,0	49031,0	46392,0
Північна станція аерації	5872,0	5865,0	5727,0	5641,0	5635,0	2099,0
Станція аерації с. Авангард	81,7	85,1	95,9	86,3	45,2	44,6
Південна станція аерації	5281,0	5052,0	5103,0	4679,0	4585,0	4565,0
Інгулецька станція аерації	3883,0	3328,0	3739,0	3436,0	2689,0	2209,0

Таблиця 41 Характеристика стоків станцій аерації КОС

Назва об'єкту	Обсяг відведення очищених стоків за 2016р.		Вміст забруднюючих речовин			Об'єкти водовідведення
	тис.м³/добу	м³/с	хлориди	сульфати	мінералізація	
Центральна станція аерації	126,7	1,466	146	412	1071	річки Каменка, Базавлук, Дніпро (постійно)
Північна станція аерації	5,7	0,066	161	205	683	р. Саксагань, хвостосховище ПРАТ «ПІВНГЗК» (періодично)
Станція аерації сел. Авангард	0,12	0,001	226	397	1322	хвостосховище ПРАТ «ЦГЗК» (постійно)
Південна станція аерації	12,5	0,145	493	433	2028	р. Інгулець (постійно)
Інгулецька станція аерації	6,0	0,069	229	336	1028	р. Інгулець, хвостосховище ПРАТ «ІНГЗК» (періодично)

Таблиця 42 Фактичні обсяги відведення стічних вод в річки Інгулець та Саксагань.

Назва об'єкту	Обсяги водовідведення, тис. м³/рік					
	2011р.	2012р.	2013р.	2014р.	2015р.	2016р.
Північна станція аерації р. Саксагань	5872,0	3852,0	758,0	76,0	109,4	1007,9
Південна станція аерації р. Інгулець	5281,0	5052,0	5103,0	4679,0	4585,0	4565,0
Інгулецька станція аерації р. Інгулець	944,6	-	-	-	-	-

Аналізуючи вихідні данні по стокам станцій аерацій КОС, обсяги їх очищення та поточне використання, хімічний склад стоків, розташування об'єктів КОС відносно ставка – накопичувача шахтних вод в б. Свистунова та хвостосховища ПРАТ «ПІВНІГЗК», варіативність їх залучення в якості постійних джерел розбавлення шахтних вод, слід зазначити наступне.

1. За останні роки значно зменшилися обсяги утворення, очистки та відведення стічних вод на усіх без виключення станціях аерацій КОС.
2. Вилучення очищених стічних вод Центральної станції аерації КОС з річок Каменка та Базавлук та переорієнтування їх в річку Інгулець унеможливить організацію питного водопостачання та зрошення в Софіївському та Апостоловському районах Дніпропетровської області, що суперечить головним пріоритетним напрямкам використання водних ресурсів в державі (питне водопостачання, зрошення, рекреація), які закріплені Водним кодексом України. Також буде порушено принцип збалансованого водокористування водними ресурсами р. Дніпро, а саме забір води з річки Дніпро повинен компенсуватися поверненням очищених стоків безпосередньо в місце, звідки здійснювався їх відбір.
3. При існуючій системі використання і відведення стоків Північної, Південної та Інгулецької станцій аерацій, за умови потрапляння їх в річки Інгулець та Саксагань, обсяг очищених стічних вод в регіоні, потенційно доступний для розбавлення шахтних вод, складає близько 9,0 млн.м³/рік. Зазначений обсяг стоків складає лише 8,0 % від наявної потреби по щорічному залученню дніпровської води в басейн річки Інгулець в обсязі 105-110 млн.м³/рік.
4. Вилучення, збір та транспортування доступних в регіоні стоків Північної, Південної та Інгулецької станцій аерацій безпосередньо до місця скиду шахтних вод з ставка-накопичувача, втрачає сенс, оскільки цей захід принципово не вирішує питання розбавлення шахтних вод і окрім необґрунтованих витрат на будівництво системи транспортування стоків, спричинить погіршення гідрологічної та гідохімічної ситуації в річці Саксагань від існуючого місця скиду стічних вод Північної станції аерації до її гирлової частини.

5. Окрім зливових стічних вод, які приймають участь у формуванні природного стоку річок Інгулець і Саксагань та очищених стоків від станцій аерацій КОС, які відводяться в річки Інгулець та Саксагань, інших доступних, постійно діючих джерел придатних для розбавлення шахтних вод, в місті Кривий Ріг та Криворізькому регіоні не існує.

6. Наявного обсягу стоків КОС, в обсязі від 5,5 до 8,7 млн.м³/рік, вочевидь недостатньо для вирішення питання розбавлення шахтних вод під час їх скиду. Тому на думку ДМТ, стабільним джерелом розбавлення шахтних вод та промивки русел річок Інгулець і Саксагань залишається подача дніпровської води у регіон, в необхідних обсягах за допомогою наявних технічних засобів каналу «Дніпро-Інгулець» та «Дніпро-Кривий Ріг».

8.2 АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ

Дані варіанти можуть передбачати постійний рівномірний скид з попередньою акумуляцією всіх шахтних вод Кривбасу в ставку-накопичувачу. В варіанті передбачається реконструкція діючої системи збору та транспортування шахтної води виключно у південному напрямку, будівництво додаткових гідротехнічних споруд та модернізація обладнання з метою залучення більшої кількості води для розбавлення та забезпечення скиду за акумульованих у ставку-накопичувачу шахтних вод рівномірними витратами.

В даному варіанті можна застосувати декілька режимів розбавлення шахтних вод, а саме:

- А. Постійний (умовно) режим скидів та розбавлення шахтної води протягом року. Даний варіант передбачає постійні рівномірні скиди з розбавленням по загальній мінералізації не більше 1500,0 мг/л та по хлоридам – не більше 350,0 мг/л.
- Б. Режим розбавлення зі зміною концентрацій хлоридів, сульфатів, мінералізації у воді на ділянці р. Інгулець нижче місця скиду протягом року.

Варіант Б передбачає:

- осінньо-зимовий режим розбавлення, з досягненням концентрацій по загальній мінералізації не більше 4500,0 мг/л та по хлоридам – не більше 1500,0 мг/л, на рівні нинішніх фонових що формуються в річці Інгулець після завершення подачі води на зрошення з Карачунівського водосховища або навіть кращої якості, в залежності від обсягів залучення дніпровської води;

- весняно-літній режим розбавлення шахтних вод до концентрації солей по загальній мінералізації не більше 1500,0 мг/л та по хлоридам – не більше 350,0 мг/л;

В попередніх розділах була виконана оцінка можливостей по залученню альтернативних джерел для розбавлення шахтних вод. Висновки даного розділу підтверджують, що окрім зливових стічних вод, які приймають участь у формуванні природного стоку річок Інгулець і Саксагань та очищених стоків від станцій аерацій КОС, в обсязі від 5,5 до 8,7 млн.м³/рік, які вже відводяться в річки Інгулець та Саксагань, інших доступних, постійно діючих джерел придатних для розбавлення шахтних вод, в місті Кривий Ріг та Криворізькому регіоні не існує. Надійним і стабільним джерелом розбавлення шахтних вод та промивки русел річок Інгулець

і Саксагань залишається подача дніпровської води у регіон, в необхідних обсягах за допомогою наявних технічних засобів каналу «Дніпро-Інгулець» та «Дніпро-Кривий Ріг».

Виходячи з зазначених висновків для реалізації варіантів поліпшення діючої системи обов'язковою умовою є:

- реконструкція діючої системи транспортування шахтних вод Кривбасу, з направленням всіх шахтних вод (північ та південь) в ставок-накопичувач (в обсязі 15,8 млн.м³) для організації постійного їх скиду в річку Інгулець;
- модернізація діючих насосних станцій чи будівництво стаціонарної насосної станції біля ставка-накопичувача та, при необхідності реконструкцію існуючого трубопроводу у напрямку місця скиду шахтних вод в р. Інгулець для розширення діапазону скидних витрат води та організації постійного регульованого скиду шахтних вод витратами від 0,35 до 0,63 м³/с в різні періоди року;
- розширення пропускної здатності земляного русла каналу Дніпро – Інгулець та 3 ділянок на річці Інгулець до 20 м³/с для безпечного транзитного пропуску 16,0 м³/с дніпровської води, які може подавати канал та пропуску додатково по ділянках річки стоку з власної водозбірної площі р. Інгулець;
- будівництво водогону з каналу Дніпро – Кривий Ріг вище точки скиду шахтної води, з метою залучення потенційних (не використаних на даний час) можливостей каналу, при завантаженні його на максимальну потужність.

8.3 ТЕХНІЧНІ МОЖЛИВОСТІ ЗАЛУЧЕННЯ ДОДАТКОВИХ ОБСЯГІВ ДНІПРОВСЬКОЇ ВОДИ

Наявні технічні можливості по залученню додаткових обсягів дніпровської води в регіон, на сьогодні, мають лише канали «Дніпро – Інгулець» та «Дніпро – Кривий Ріг» (Малюнок 45).

можна додатково залучити для розбавлення шахтних вод близько 158,0 млн.м³ дніпровської води у порівнянні з нинішніми потенційними можливостями каналу (при 11,0 м³/с річний обсяг подачі становить 347,0 млн.м³). Сумарна річна подача води по каналу становитиме близько 505,0 млн.м³

8.3.2 КАНАЛ ДНІПРО – КРИВИЙ РІГ

На сьогодні технічні можливості каналу дозволяють додатково залучити для розбавлення шахтних вод дніпровську воду витратою 8,3 м³/с. Відбір зазначеного обсягу води можливо буде здійснити безпосередньо з каналу, до впадіння в Південне водосховище так і з Південного водосховища, з наступним транспортуванням до місця розбавлення. По існуючій системі зрошувальних каналів дніпровська вода від каналу «Дніпро-Кривий Ріг» транспортується споживачам. Зазначена система дозволяє подати дніпровську воду витратами 5,5 м³/с по каналу №33 в р.Саксагань, а точніше в Кресівське водосховище та по системі меліоративних каналів, розташованих на території Широківського району Дніпропетровської області для зрошення земель. Водозабір Широківського магістрального каналу (МК) розташовано на ділянці каналу Дніпро – Кривий Ріг між насосною станцією (НС) №3 та Південним водосховищем. Пропускна спроможність Широківського МК до НС №13 становить близько 7,0 м³/с. На момент розробки ТЕО Широківський магістральний канал був частково задіяний по подачі води для зрошення, а НС №13 подавала воду по напірному водоводу для водопостачання та зрошення земель, розташованих на схід від смт. Широке. Продовженням каналу є розподільчий канал Р-5, орієнтований на північ у напрямку м. Кривий Ріг. На даний момент канал не був задіяний для зрошення.

Аналізуючи технічний стан каналів з точки зору можливості їх використання існують дві альтернативи, що дозволяють використати незадіяні потенціальні витрати каналу Дніпро – Кривий Ріг – 8,3 м³/с, а саме:

Розширити ділянку Широківського магістрального каналу до НС №13 до 9,0 м³/с (проектна потужність каналу до НС №13 – 7,0 м³/с) та реконструювати НС №13 або побудувати нову НС зі встановленням насосно-силового обладнання, що забезпечить забір та подачу вище точки скиду шахтних вод по окремому водоводу дніпровської води, витратою 8,3 м³/с та подачу НС №13 по діючому водоводу витрат 0,7 м³/с;

Використати існуючий канал № 33 для подачі дніпровської води через р.Саксагань в р.Інгuleць, витратою 5,5 м³/с та реконструювати НС № 13 для подачі води, витратою 2,8 м³/с по окремому водоводу в точку вище місця скиду шахтних вод. Даний варіант не потребує розширення каналів.

В подальшому розглядається варіант з будівництвом насосної станції та водоводу на витрату 2,8 м³/с як менш затратний та екологічно доцільніший.

При умові забору з каналу Дніпро – Кривий Ріг дніпровської води, витратою 8,3 м³/с річний обсяг залучених для розбавлення шахтних вод складе близько 262,0 млн.м³, або на 88,3 млн.м³ більше у порівнянні з можливістю залучення дніпровської води при існуючому стані споруд.

8.4 ПОСТІЙНИЙ СКИД НА ПРОТЯЗІ РОКУ.

Технічні можливості організації постійного скиду при капіталовкладеннях по збільшенню пропускної здатності каналу Дніпро – Інгулець до 16,0 м³/с та залученню витрат на рівні 8,3 м³/с по каналу Дніпро – Кривий Ріг дозволяють залучити додатково 247,0 млн.м³ води на рік.

При умові акумуляції всіх шахтних вод Кривбасу з урахуванням переорієнтації шахт північної групи на південь у ставок-накопичувач та організації рівномірного їх скиду у річку Інгулець середньодобові витрати становитимуть 0,5 м³/с.

В залежності від організації подачі води з каналу Дніпро – Кривий Ріг для варіанту постійних скидів можна розглянути два сценарії, а саме: скид дніпровської води вище точки скиду шахтних вод по водоводу з каналу Дніпро – Кривий Ріг витратою 8,3 м³/с та з Карачунівського водосховища, витратою 17,6 м³/с, які включають 16,0 м³/с поданих по каналу Дніпро – Інгулець та 1,6 м³/с за рахунок перерозподілу власного стоку басейну р. Інгулець.

При цьому варіанті слід враховувати всі постійно діючі джерела, що формують якість води в р. Інгулець нижче від греблі Карачунівського водосховища (Таблиця 43).

Таблиця 43 Джерела впливу на якість води р. Інгулець

Джерело впливу на формування якості води в р.Інгулець	Режим витрат	Потенційні можливості залучення джерел для розбавлення		Якість води (2016 р)	
		Витрати, м³/с	Річні обсяги, млн.м³	Загальна мінералізація, мг/л	Хлориди, мг/л
Макортівське водосховище р. Саксагань	Рівномірні протягом року	0,11	3,5	2720,0	400,0
р. Саксагань від Кресівського водосховища до гирла	Рівномірні протягом року	0,3	9,5	2700,0	640,0
Канал Дніпро-Інгулець з подачею в р. Інгулець	Рівномірні протягом року	16,0	505,0	230,0	26,0
Карачунівське водосховище	Рівномірні протягом року	17,6 ¹⁸	555,0	1000,0 (800,0) ¹⁹	105,0 (80) ³

¹⁸ перерозподілені витрати з урахування подачі води по каналу Дніпро-Інгулець

¹⁹ прогнозна якість води у Карачунівському водосховищі при умові постійної подачі води по каналу Дніпро-Інгулець

Джерело впливу на формування якості води в р.Інгулець	Режим витрат	Потенційні можливості залучення джерел для розбавлення		Якість води (2016 р)	
		Витрати, м³/с	Річні обсяги, млн.м³	Загальна мінералізація, мг/л	Хлориди, мг/л
Канал Дніпро-Кривий Ріг в р.Інгулець	Рівномірні протягом року	8,3	262,0	340,0	43,0
Обвідний канал в р. Інгулець	Рівномірні протягом року	0,25	7,9	2000,0	420,0
Південна станція аерації КОС в р. Інгулець	Рівномірні протягом року	0,07	2,2	2100,0	500,0
Ставок накопичувач шахтних вод в р. Інгулець	Регулювання витрат по сезонам протягом року	0,5 (0,35–0,63) ²⁰	15,8	38000,0	20200,0

При застосуванні такого режиму розбавлення шахтних вод, за умови обмеженого скиду з Макортівського водосховища на рівні 0,11 м³/с у контрольному створі нижче місця скиду на річці Інгулець можна очікувати якість води:

- по загальній мінералізації - 1510,0 – 1380,0 мг/л;
- по хлоридам - 470,0 – 450,0 мг/л.

Якщо подачу з каналу Дніпро – Кривий Ріг розділити на два напрямки, а саме по каналу №33 витратою 5,5 м³/с та 2,8 м³/с по окремому водоводу зі скидом вище місця скиду шахтних вод то у контрольному створі нижче місця скиду на р. Інгулець показники якості води будуть аналогічні попередньому варіанту. Відмінності будуть стосуватися лише відрізка річки Саксагань на ділянці від Кресівського водосховища до гирла та річки Інгулець від гирла р.Саксагань до місця скиду води з водоводу від каналу Дніпро – Кривий Ріг. На цих ділянках якість води буде значно кращою, особливо на зазначеній ділянці р. Саксагань.

Таким чином можна зробити висновок, що залучення наявних додаткових джерел води для розбавлення шахтних вод не гарантують забезпечення водокористувачів якісною водою, хоча і значно покращують екологічну ситуацію та практично зменшують концентрації по загальній мінералізації, до нормативних, при заборі їх на зрошення. Однак при цьому варіанті

²⁰ регулюються по сезону задля забезпечення якості води на зрошення

зберігається перевищення по вмісту хлоридів, що практично робить не можливим забір такої води для зрошення.

Для досягнення нормативних показників якості води в річці Інгулець придатних для зрошення (інших водозаборів на ділянці р. Інгулець нижче Карачунівського водосховища не існує) орієнтовно потрібно збільшити постійну подачу води по каналу Дніпро – Інгулець до $27,0 \text{ м}^3/\text{с}$ зі щорічною подачею близько 850 млн.м^3 води, за умови збереження постійної подачі води по каналу Дніпро – Кривий Ріг на розбавлення витратою $8,3 \text{ м}^3/\text{с}$. Організація подачі води по каналу витратою $27,0 \text{ м}^3/\text{с}$ вимагає модернізацію насосних станцій та реконструкцію каналу і розчищення русла річки Інгулець з досягненням пропускної здатності не менше $31,0 \text{ м}^3/\text{с}$, чого важко досягти зважаючи на обмеження русла існуючою забудовою. Тому даний варіант на далі не розглядається.

8.5 ПОСТІЙНИЙ СКИД З РЕГУЛЮВАННЯМ

Решування концентрацій по сезонам року регулювання можна розглядати у двох варіантах:

- Регулювання величиною витрат з джерел розбавлення при постійному рівномірному скиді шахтних вод зі ставка-накопичувача;
- Рівномірні витрати з джерел розбавлення (Карачунівське водосховище та канал Дніпро – Кривий Ріг) та регульовані по сезонам витрати скиду зі ставка-накопичувача шахтних вод.

Перший варіант передбачає під час поливного сезону подавати витрати, що забезпечать розбавлення шахтних вод до нормативних, а у осінньо-зимовий період знизити витрати до величин, що забезпечать акумуляцію води у водосховищі з урахуванням подачі по каналу Дніпро – Інгулець для забезпечення розбавлення до нормативних у наступного сезону;

Другий передбачає при рівномірній подачі води з Карачунівського водосховища та каналу Дніпро – Кривий Ріг на протязі року під час поливного сезону знизити подачу води зі ставка-накопичувача шахтної води до величин, що після їх розбавлення якість води у контрольному створі не перевищать нормативну якість для зрошення.

Для забезпечення якості води на період зрошення по першому варіанту при умові забезпечення подачі води з каналу Дніпро – Кривий Ріг витратами $8,3 \text{ м}^3/\text{с}$, необхідно збільшити витрати з Карачунівського водосховища до $27,0 \text{ м}^3/\text{с}$, або близько $572,0 \text{ млн.м}^3$ на період зрошення, що перевищує можливості подачі води по каналу Дніпро – Інгулець з урахуванням додаткового за акумульованого стоку р.Інгулець у Карачунівському водосховищі, що сумарно складають становить $555,0 \text{ млн.м}^3$. Тому такий режим технічно не можливий і не може бути рекомендований для подальшого розгляду.

Другий варіант передбачає при рівномірній подачі води з Карачунівського водосховища та Каналу Дніпро – Кривий Ріг дозований скид зі ставка накопичувача розділений на два режими:

- період забору води на зрошення, витрати з ставка-накопичувача повинні гарантувати після розбавлення нормативну якість води у контрольному створі нижче місця скиду;
- решта року зі ставка-накопичувача подаються рівномірні витрати, що забезпечать скид річних обсягів відкачуваних шахтних вод.

Одною з переваг даного варіанту є постійна величина витрат у річці Інгулець нижче точки скиду шахтних вод протягом року, за виключенням періоду проходження повені, коли витрати можуть зростати в залежності від гідрологічної ситуації, що складеться в басейні річки.

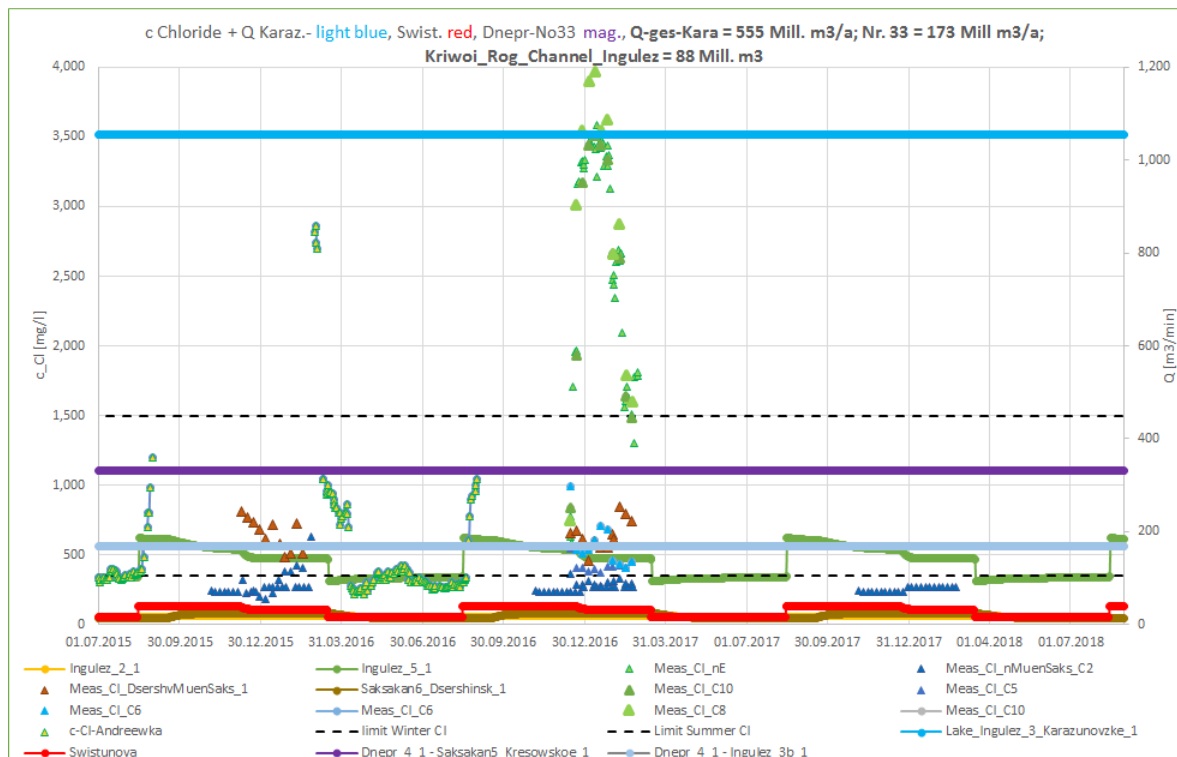
Отже, при постійних витратах з Карачунівського водосховища в обсягах 17,6 м³/с та подачі води на розбавлення по каналу Дніпро – Кривий Ріг в обсягах 8,3 м³/с достатньо знизити середньодобову витрату при скиді шахтних вод до 0,35 м³/с. При таких витратах протягом поливного сезону, орієнтовно з 16 березня по 27 серпня (165 днів) буде скинуто близько 5,0 млн.м³ заакумульованих шахтних вод.

Всі постійно діючі джерела, що формують якість води в р. Інгулець нижче від греблі Карачунівського водосховища (Таблиця 43). міняється тільки режим скиду зі ставка накопичувача на постійні протягом періодів:

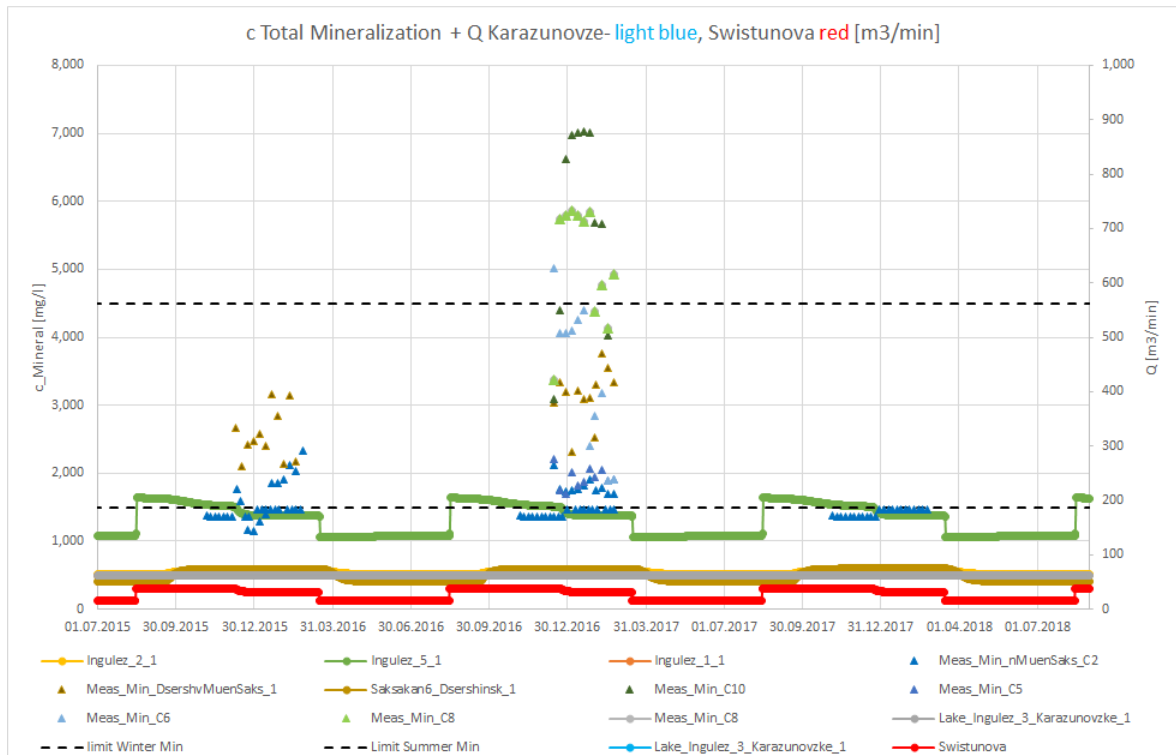
- протягом зрошувального сезону з 16 березня по 27 серпня – 0,35 м³/с;
- протягом осінньо-зимового періоду 28 серпня по 15 березня – 0,63 м³/с.

8.6 ЯКІСТЬ ВОДИ В РІЧЦІ ІНГУЛЕЦЬ

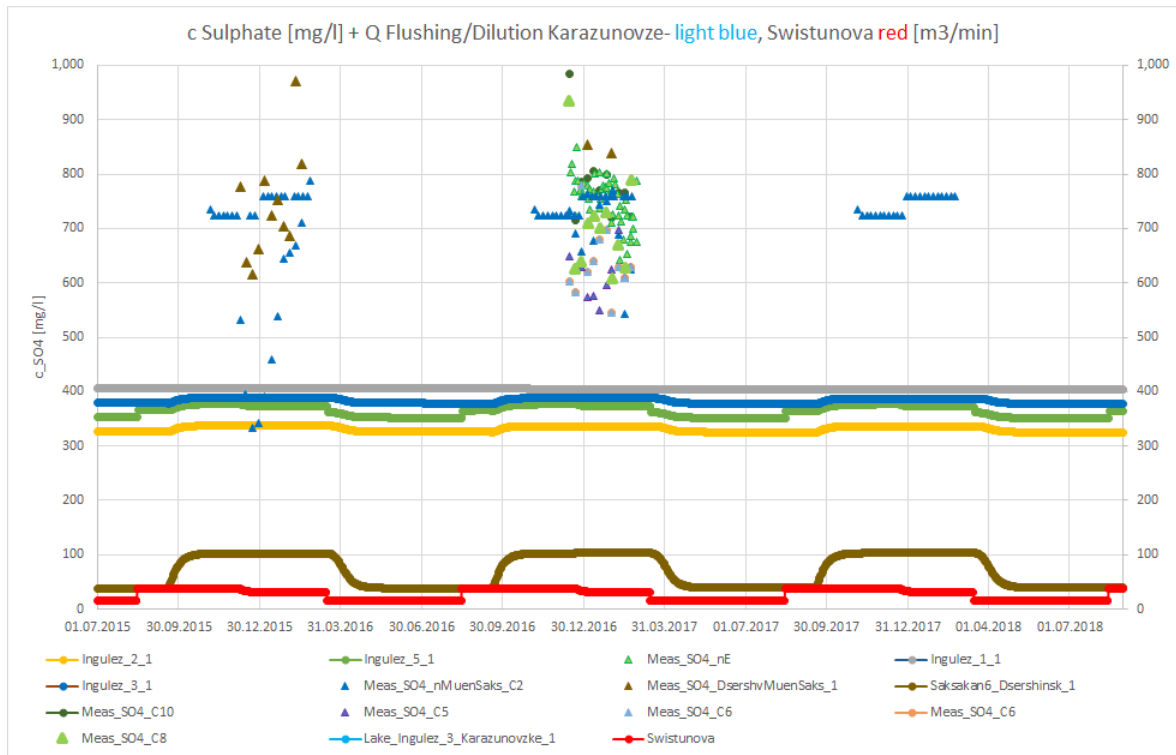
Якість води у р. Інгулець моделювалася аналогічно до варіантів покращення існуючої системи акумулявання та скиду шахтних вод (Розділ 3.1). Значення кольорів та графіків також збережено.



Малюнок 46 Концентрація хлоридів, постійний скид з регулюванням



Малюнок 47 Загальна мінералізація, постійний скид з регулюванням



Малюнок 48 Концентрації сульфатів, постійний скид з регулюванням

При такому режимі подачі витрат на розбавлення в контрольному створі на річці Інгулець протягом зрошувального сезону можна очікувати якість води:

- по загальній мінералізації - 1310,0 – 1180,0 мг/л;
- по хлоридам - 360,0 – 340,0 мг/л.

Решту 10,8 млн.м³ необхідно скинути протягом 200 днів витратою 0,63 м³/с.

При режимі подачі постійних витрат 0,63 м³/с на розбавлення в контрольному створі на річці Інгулець можна очікувати якість води:

- по загальній мінералізації - 1680,0 – 1550,0 мг/л;
- по хлоридам - 560,0 – 540,0 мг/л.

При такому режимі витрат на протязі року буде скинуто зі ставка накопичувача 15,8 млн.м³ шатної води.

Опція з потсйним скидом та регулюванням передбачає розширення пропускної здатності каналу Дніпро – Інгулець та русла р. Інгулець до 16,0 м³/с, подачею додаткової води на розбавлення по існуючому каналу №33 з Південного водосховища, будівництва водоводу на 2,8 м³/с з забором води з каналу Дніпро – Кривий Ріг через Широківській магістральний канал

з будівництвом нової або реконструкцією насосної станції №13 Апостолівського МУВР та будівництвом насосної станції і, при необхідності реконструкції водоводу від ставка-накопичувача до місця скиду по трасі існуючого водоводу з регулюванням витрат скиду з ставка-накопичувача в діапазоні від 0,35 до 0,63 м³/с.

У цьому варіанті в зрошувальний період ми отримуємо цілком допустимі концентрації з точки зору потреб не тільки для зрошення, але й для створення сприятливих умов для водного біоценозу й для господарсько-побутових потреб населення (крім питних потреб).

Тим не менш, в осінньо-зимовий період при, майже в два рази більшому обсязі скидання в весняно-літній період, ми, отримаємо стрибок концентрацій в бік збільшення, практично такий же, як раніше описаним у варіанту.

При умові виконання всіх заходів з будівництва та експлуатації з часом можна досягти стабільних рівномірних витрат нижче місця скиду шахтних вод по довжині річки близькими до 27,0 м³/с з якістю води, що у зрошувальний сезон (з 16.03 по 27.07) буде в межах нормативних показників, а у осінньо-зимовий період (з 28.08-по 15.03) дещо з вищими концентраціями ніж у зрошувальний сезон, але значно нижчими у порівнянні з існуючими на сьогодні фоновими, що формуються в останні роки в р. Інгулець в період після завершення зрошувального сезону та перед початком дозованого скиду шахтних вод з розбавлення.

Окремо необхідно відмітити, що реалізація даного варіанту дозволить значно покращити екологічний стан р. Саксагань на ділянці від Кресівського водосховища до гирла річки, виконати повний водообмін на ділянці річки Інгулець від Олександрійського водосховища до Карачунівського водосховища та забезпечити питною водою нормативної якості, по основним показникам, на водозаборі з Карачунівського водосховища на р. Інгулець, для забезпечення питного водопостачання мешканців м. Кривий Ріг.

8.7 НЕОБХІДНІ ТЕХНІЧНІ МІРИ

Даний варіант включає вирішення декількох задач, а саме:

- переорієнтацію напрямку відкачки шахт північної групи на південь;
- будівництво насосної станції та водоводу для скиду шахтних вод зі ставка-накопичувача у річку Інгулець в діапазоні витрат від 0,35 м³/с до 0,63 м³/с;
- розширення пропускної здатності каналу Дніпро – Інгулець;
- будівництво напірного трубопроводу з забором дніпровської води з каналу Дніпро – Кривий Ріг шляхом будівництва насосної станції на Широківському магістральному каналі.

Реалізація даного варіанту передбачає:

- будівництво напірного трубопроводу від насосної станції №8 перекачки шахтних вод у напрямку ставка-накопичувача шахтної води з метою пере направлення потоку шахтних вод з півночі на південь;

- реконструкцію діючої системи перекачки шахтних вод у південному напрямку з метою її об'єднання з ділянкою, що передбачає переорієнтацію напрямку скиду шахтних вод з півночі на південь;
- насосної станції підкачки (при необхідності) по трасі водоводу перекачки шахтної води з півночі на південь;
- насосної станції на Широківському магістральному каналі біля НС №13 для забору дніпровської води з каналу Дніпро – Кривий Ріг і подачі її в р.Інгuleць для розбавлення шатної води;
- водоводу у напрямку р. Інгuleць зі скидом в місце вище від місця скиду шахтних вод зі ставка-накопичувача;
- розчищення ділянок каналу Дніпро – Інгuleць та русла річки Інгuleць від Олександрійського до Карачунівського водосховища.

8.7.1 БУДІВНИЦТВО НАПІРНОГО ТРУБОПРОВОДУ ВІД НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ №8 У НАПРЯМКУ СТАВКА – НАКОПИЧУВАЧА ШАХТНИХ ВОД

Діюча насосна станція (НС) № 8 перекачує шахтні води у напрямку хвостосховища ПРАТ «ПівнГЗК». Проектна та фактична потужність даної НС, зважаючи на встановлене насосно-силове обладнання, розрахована на перекачку 0,4 м³/с на висоту 90,0 м. На НС встановлено три насосні агрегати типу 200 Д 90 з електродвигуном, потужністю 250 кВт, з них 2 агрегати робочі та 1 – резервний. Один агрегат може подавати 0,2 м³/с на висоту до 90 м. Середньо багаторічний обсяг перекачки шахтних вод у північному напрямку визначений 3,4 млн.м³, або в середньому 0,11 м³/с. Зважаючи на середньодобову та сезонну нерівномірність відкачки шахтних вод для подальших розрахунків приймаємо витрати на насосній станції 0,2 м³/с.

При умові переорієнтації напрямку перекачки та прокладання водоводу у напрямку розташування об'єданого трубопроводу по перекачці шахтних вод у південному напрямку, що починається від камери переключення КП-2. До КП-2 по існуючій схемі транспортування шахтних вод передбачено двома гілками водоводу від НС Шахтарська та НС Руднична. Один водовід має діаметр 900 мм, а другий – 700. Після КП-2 у напрямку ставка-накопичувача шахтних вод (ШВ) прокладено водовод у одну нитку, діаметром 1200 мм.

Якщо прокладати водовід від НС №8 у південному напрямку то доцільно його прокласти до КП-2, а далі від КП-2 передбачити прокладання другої, паралельно існуючій, нитки водоводу, що забезпечить транспортування всіх шахтних вод після об'єднання потоків в КП-2. При цьому виникають три варіанти транспортування води від НС №8 в напрямку ставка-накопичувача ШВ, а саме:

- 1 варіант передбачає прокладання трубопроводу від НС №8 до КП-2 з діаметром, що дозволить за рахунок тиску встановлених на НС насосів подати воду у ставок-накопичувач ШВ;

- 2 варіант передбачає прокладання трубопроводу від НС №8 до КП-2 з діаметром, що дозволить за рахунок тиску подати воду в КП-2. Для подальшого транспортування на трубопроводі перед КП-2 необхідно побудувати насосну станцію, що забезпечить транспортування води північної групи шахт по об'єднаному водоводу в ставок-накопичувач;
- 3 варіант передбачає прокладання трубопроводу від НС №8 до КП-2 з діаметром, що дозволить за рахунок тиску подати воду в КП-2. Для подальшого транспортування на трубопроводі після КП-2 необхідно побудувати насосну станцію, що забезпечить транспортування води всіх шахт по об'єднаному водоводу в ставок-накопичувач. Даний варіант передбачатиме модернізацію насосних станцій Шахтарська та Руднична на менший тиск, який забезпечить подачу води до КП-2.

Оптимізація варіантів буде виконана в розділі по оцінці вартості будівництва нижче, де й буде прийнято найоптимальніший варіант переорієнтації шахтних вод з півночі на південь.

8.7.2 БУДІВНИЦТВО ВОДОВОДУ ТА НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ВІД СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА ДО Р.ІНГУЛЕЦЬ

Зважаючи на необхідність зміни концентрації протягом року для забезпечення дозованої подачі води в точку скиду шахтних вод були визначені середньо річні витрати в весняно-літній період у розмірі 0,35 м³/с та в осінньо-зимовий відповідно 0,63 м³/с. Для вирішення даного завдання необхідно побудувати насосну станцію з витратами в діапазоні від 0,35 м³/с до 0,63 м³/с та водоводу на максимальну витрату 0,63 м³/с.

Територіально насосну станцію доцільно побудувати на правому корінному березі ставка-накопичувача, а водовід – паралельно існуючому. Таким чином буде використовуватися новий побудований водовід та існуючий, що підвищить надійність роботи системи скиду, зважаючи на необхідність її працювати без зупинок круглий рік.

Новий водовід повинен забезпечити пропуск 0,63 м³/с. Старий забезпечує пропуск 1,7 м³/с. Загальна довжина траси від насосної станції до місця скиду становить близько 4,0 км. Відмітка води в аванкамері насосної станції – 82,0 м. Низ труби в точці скиду - 27,0 м. Найвища точка місцевості по трасі водоводу – біля 100.00 м розташована на відстані 1,4 км

Таблиця 44 Розрахунок втрат тиску по довжині трубопроводу

Діаметр трубопроводу, мм	1000	900	800	700	600	500
Втрати тиску по довжині при подачі 0,63 м³/с, м/км	2,66	4,39	7,71	14,58	30,4	72,7
Втрати тиску по довжині з урахуванням місцевих втрат, м/км	3,33	5,49	8,96	18,23	38,0	90,88
Довжина траси, км	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Сумарні втрати по довжині, м	13,32	21,96	35,84	73,28	152,0	363,5

Таким чином, варіантами, які можуть розглядатися для пошуку оптимального рішення є водовід з діаметром 700 до 900 мм, що і будуть розглядатися в економічній частині розділу.

Таблиця 45 Варіанти комплектування насосної станції

Діаметр водоводу, мм	Втрати напору у водоводі	Витрати насосної станції, м³/с	Тип насосу	Витрати одного насосу, м³/с	Напір одного насосу, м	Кількість насосів на насосній станції, шт. робочий + резервний
700	73,28	0,63	1Д630-90а	0,153	74,0	4+3
800	35,84	0,63	1Д630-125а	0,125	45,0	5+3
900	21,96	0,63	1Д1250-63а	0,205	24,0	3+2

8.7.3 ЗАЛУЧЕННЯ ВОДИ З КАНАЛУ ДНІПРО – КРИВИЙ РІГ

Даний варіант передбачає будівництво водоводу до річки Інгулець зі скидом вище місця розташування існуючого скиду шахтних вод зі ставка накопичувача. Для забору води найбільш оптимальним виглядає місце біля НС №13, розташованій на Широківському магістральному каналі, який у свою чергу забирає воду з каналу Дніпро – Кривий Ріг між насосною станцією НС № 3 та Південним водосховищем. Як варіант можна розглядати реконструкцію насосної станції №13. На даному етапі для спрощення розрахунків розглядається варіант будівництва нової насосної станції з позначенням на плані НС №13а.

Основні параметри насосної станції:

- Продуктивність - 2,8 м³/с;
- Напір, який повинен забезпечити подачу заданих витрат у точку скиду на р.Інгулець, розташовану вище місця скидання шахтних вод зі ставка-накопичувача.
- Для напору виконуємо трасування водоводу (дивись рис.5). Орієнтовна довжина водоводу становить 21,0 км.

Таблиця 46 демонструє пошук оптимального варіанту для прокладання водоводу від НС №13а до місця скиду в р.Інгулець в залежності від діаметру.

Таблиця 46 Розрахунок втрат тиску

Діаметр трубопроводу, мм	1400	1200	1000
Довжина траси, км	21,0	21,0	21,0
Втрати тиску по довжині при подачі 2,8 м³/с, м/км	10,53	22,0	52,5
Втрати тиску по довжині з урахуванням місцевих втрат при подачі 2,8 м³/с, м/км	13,16	27,5	65,6
Сумарні втрати по довжині при подачі 2,8 м³/с, м	276,4	577,5	1377,6
Втрати тиску по довжині при подачі 1,4 м³/с, м/км	2,63	5,5	13,12
Втрати тиску по довжині з урахуванням місцевих втрат при подачі 1,4 м³/с, м/км	3,29	6,88	16,4
Сумарні втрати по довжині при подачі 1,4 м³/с, м	69,0	144,48	344,4

Діаметр трубопроводу, мм	1400	1200	1000
Втрати тиску по довжині при подачі 0,94 м³/с, м/км	1,19	2,48	5,92
Втрати тиску по довжині з урахуванням місцевих втрат при подачі 0,94 м³/с, м/км	1,49	3,1	7,4
Сумарні втрати по довжині 0,94 м³/с, м	31,2	65,1	155,4

Відповідно, можна зробити попередній висновок, що реально за рахунок одного підйому можна пропустити витрати 2,8 м³/с по двом ниткам трубопроводу, діаметром 1400,0 мм, або по трьом ниткам, діаметром 1200,0 мм. Решта варіантів потребують будівництва насосних станцій підкачки по трасі водоводу. Так будівництво водоводу у три нитки при діаметрі 1000,0 мм чи двох ниток, діаметром 1200,0 мм потребує будівництва 2 насосних станцій підкачки.

Якщо прокладати трубопровід в одну нитка, то навіть при застосуванні діаметру 1400,0 мм необхідно будувати мінімум три насосні станції підкачки. Оптимізація варіантів буде виконана в розділі по оцінці вартості будівництва, де й буде прийнято найоптимальніший варіант щодо діаметру.

Стосовно насосних станцій, то для кожного варіанту існує свій варіант насосно-силового обладнання (Таблиця 47).

Таблиця 47 Насосно-силове обладнання

Діаметр водоводу, мм	Кількість ниток, шт.	Сумарний напір насосних станцій, м	Кількість насосних станцій, шт.	Середній напір однієї насосної станції, м	Витрати однієї насосної станції, м³/с	Тип насосу	Витрати одного насосу, м³/с	Напір одного насосу, м	Кількість насосів на насосній станції, шт. робочий + резервний
1400	1	276,4	3	92,2	2,8	1Д1250-125а	0,319	102,0	7+2
1400	2	69,0	1	69,0	2,8	1Д1600-90а	0,403	75,0	7+2
1400	3	31,2	1	31,2	2,8	1Д1600-90	0,28	40	10+2
1200	2	144,5	2	72,3	2,8	1Д1600-90а	0,403	75,0	7+2
1200	3	65,1	1	65,1	2,8	1Д1600-90а	0,403	75,0	7+2
1000	3	155,4	2	77,7	2,8	1Д1600-90а	0,403	75,0	7+2

8.7.4 РОЗЧИЩЕННЯ ДІЛЯНОК КАНАЛУ ДНІПРО – ІНГУЛЕЦЬ ТА РУСЛА РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ.

Для забезпечення подачі води постійною витратою 16,0 м³/с по каналу Дніпро – Інгулець необхідно виконати наступні умови:

- Насосні станції, особливо НС №2 повинні забезпечити подачу 16,0 м³/с. Такі технічні можливості існують;
- Канал та ділянки річки між водосховищами повинні пропустити не менше, ніж 16,0 м³/с, а з урахуванням власного стоку річки Інгулець – не менше 20,0 м³/с. Ці додаткові витрати є середньорічними витратами, що формуються на частині

території басейну річки, розташованій вище Іскрівського водосховища по основному руслу та притокам, що в нього впадають вище за течією.

Виходячи з вищенаведеного можна зробити висновок, що для забезпечення постійної безперебійної подачі води по каналу Дніпро – Інгулець протягом року достатньо розчистити окремі ділянки каналу та русла р. Інгулець до параметрів, що забезпечать пропуск $20,0 \text{ м}^3/\text{с}$.

На основі аналізу стану русла каналу та річки виявлені ділянки, що проходить у земляному руслі, вище Олександрійського водосховища та русла річки Інгулець (між с. Олександрополюс та с. Звенигородка, с. Ізмаїлівка, та с. Новий Стародуб) і потребують розчищення до пропускної здатності в $20 \text{ м}^3/\text{с}$. Загальна довжина таких ділянок становить 16 км. Обсяг розчистки – $2140,0 \text{ тис.м}^3$ по ґрунту.

8.8 ВИТРАТИ

Для визначенні вартості будівництва була прокладена траса водоводу від ставка-накопичувача шахтних вод до точки скиду в р. Інгулець, траса водоводу для переорієнтації напрямку потоку шахтних вод північної групи шахт на південь, траса водоводу від насосної станції №13, розташованої на Широківському магістральному каналі. Трасування водоводів було виконано на планових матеріалах М 1 : 100 000 (Додаток 2).

8.8.1 ПЕРЕОРІЄНТАЦІЯ ПІВНІЧНОЇ ГРУПИ ШАХТ НА ПІВДЕНЬ

Як було описано вище існує декілька варіантів вирішення даної проблеми.

На основі аналізу вартості труб у вартості будівництва водоводів було встановлено коефіцієнт переходу від вартості труб до вартості будівництва водоводу у 1 нитки $K_1=2,33$, а будівництва водоводу у дві нитки $K_2=4,2$. На основі аналізу частки вартості насосно-силового обладнання у вартості будівництва насосної станції на основі об'єктів аналогів було встановлено коефіцієнт переходу $K=10,0$.

Вартість перекачки 1 м^3 шахтних вод насосною станцією № 8 прийнято на основі тарифу, встановленого на 2017 рік КПП «Кривбаспромводопостачання» у розмірі $1,4 \text{ грн./м}^3$.

Для визначення експлуатаційних витрат по додатковій прокачці шахтної за аналогію прийнята вартість подачі води по каналу Дніпро – Кривий Ріг в розрахунку подачі 1 м^3 води на висоту 1 м. Вартість подачі води по каналу Дніпро – Кривий Ріг на 2017 рік встановлена КПП «Кривбаспромводопостачання» у розмірі $1,52 \text{ грн./м}^3$. Зважаючи на те, що висота підйому води по каналу Дніпро – Кривий Ріг складає близько 70,0 м середня вартість підняття 1 м^3 води на висоту один метр буде становити:

$$1,52 : 70 = 0,022 \text{ грн.}$$

Оцінка вартості будівництва та експлуатації для порівняння варіантів наведена в Таблиця 48.

Таблиця 48 Вартість будівництва та експлуатації

Варіант	1	2			3а			3б		
		До КП-2	Після КП-2	Разом	До КП-2	Після КП-2	Разом	До КП-2	Після КП-2	Разом
Діаметр трубопроводу, мм	800	700	1000		700	1000		700	900	
Довжина водоводу, км	46	23	23		23	23		120	23	
Кількість ниток	2	2	1		2	1		2	1	
Ціна купівлі 1 км трубопроводу, млн. грн	12,3	11,8	18,8		11,8	18,8		11,8	15,0	
Коефіцієнт перерахунку від ціни труби до ціни будівництва водоводу	4,2	4,2	2,33		4,2	2,33		4,2	2,33	
Вартість будівництва трубопроводу, млн. грн.	2376,4	1139,9	1007,5	2147,4	1139,9	1007,5	2147,4	1139,9	803,9	1943,8
Кількість насосів на НС				2			7			5
Вартість одного комплексу насосно-силового агрегату, млн. грн.				0,165			0,214			0,35
Загальна вартість насосно-силового обладнання				0,33			1,5			1,75
Коефіцієнт переходу від вартості насосно-силового обладнання до вартості будівництва НС				10,0			10,0			10,0
Вартість будівництва НС				3,3			15,0			17,5
Загальна вартість будівництва водоводу, млн.грн.	2376,4			2150,7			2159,4			1961,3
Площа землевідведення під будівництво водоводу, га	70,0			70,0			70,0			70,0
Вартість 1 га землі, млн.грн./га	0,033			0,033			0,033			0,033
Загальна вартість землевідводу під будівництво водоводу, млн.грн.	2,3			2,3			2,3			2,3
Сумарні капиталовкладення у будівництво водоводу, млн.грн.	2378,7			2153,0			2161,7			1963,6
Затрати на перекачку 3,4 млн.м ³ на рік північної групи шахт НС № 8	4,76			4,76			4,76			4,76
Додаткова висота прокачки шахтної води				48,0			45,0			94,0
Вартість перекачки води одного метра води на висоту 1 метр грн.				0,022			0,022			0,022
Додаткова підкачка по трасі водоводу шахтної води обсягом 3,4 млн.				3,59			3,37			7,03

Варіант	1	2			3а			3б		
		До КП-2	Після КП-2	Разом	До КП-2	Після КП-2	Разом	До КП-2	Після КП-2	Разом
Щорічні експлуатаційні витрати перекачки 3,4 млн. м ³ шахтної води, млн.грн/рік	4,76			8,35			8,13			11,79
Собівартість при умові експлуатації системи протягом 15 років, млн.грн/рік	163,34			151,88			152,24			142,7

Виходячи з наведених у таблиці результатів можна зробити висновок, що при умові експлуатації системи на протязі 15 років, найбільш оптимальним виглядає варіант 3б, який у подальшому буде приймати участь в економічних порівняннях варіантів, пов'язаними з будівництвом споруд та переорієнтацією потоків північної групи шахт на південь.

8.8.2 БУДІВНИЦТВО ВОДОВОДУ ТА НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ВІД СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА ДО Р. ІНГУЛЕЦЬ

Як було визначено вище для подальшого розгляду вибрано варіанти з водоводом у одну нитку з пластикових труб, діаметром від 700,0 до 900,0 мм.

Для визначення експлуатаційних витрат буде прийнята вартість подачі води по каналу Дніпро – Кривий Ріг. Вартість подачі води по каналу Дніпро – Кривий Ріг на 2017 рік встановлена КПП «Кривбаспромводопостачання» у розмірі 1,52 грн./м³. Зважаючи на те, що висота підйому води по каналу Дніпро – Кривий Ріг складає близько 70,0 м середня вартість підняття 1 м³ води на висоту один метр буде становити:

$$1,52 : 70 = 0,022 \text{ грн.}$$

Таблиця 49 демонструє співставлення варіантів будівництва водоводу з пластикових труб, діаметром 700,0 мм, 800,0 мм та 900,0 мм.

Таблиця 49 Варіанти будівництва водоводу

Діаметр трубопроводу, мм	900	800	700
Довжина водоводу, км	4,0	4,0	4,0
Кількість ниток	1	1	1
Ціна купівлі 1 км трубопроводу, млн. грн	15	12,3	11,8
Коефіцієнт перерахунку від ціни труби до ціни будівництва водоводу	2,33	2,33	2,33
Вартість будівництва трубопроводу, млн. грн.	139,8	114,6	110,0
Кількість насосних станцій на водоводі	1	1	1
Кількість насосів на НС	5	8	7
Вартість одного комплексу насосно-силового агрегату, млн. грн.	0,09	0,13	0,169
Вартість насосно-силового обладнання однієї насосної станції, млн. грн.	0,45	1,04	1,18
Коефіцієнт переходу від вартості насосно-силового обладнання до вартості будівництва НС	10	10	10
Вартість будівництва однієї НС, млн. грн.	4,5	10,4	11,8

Діаметр трубопроводу, мм	900	800	700
Загальна вартість будівництва, млн. грн.	144,3	125,0	121,8
Площа землевідведення під будівництво водоводу, га	10,0	10,0	10,0
Вартість 1 га землі, млн.грн./га	0,033	0,033	0,033
Загальна вартість землевідводу під будівництво водоводу, млн.грн.	0,3	0,3	0,3
Сумарні капиталовкладення у будівництво водоводу, млн.грн.	144,3	125,3	122,1
Висота підйому води по водоводу	24,0	45,0	74,0
Вартість перекачки води одного метра води на висоту 1 метр грн.	0,022	0,022	0,022
Затрати на подачу шатної води по водоводу до річки Інгулець обсягом 15,8 млн.м ³ на рік, млн. грн.	8,34	15,64	25,72
Собівартість при умові експлуатації системи протягом 15 років, млн.грн/рік	17,96	23,99	33,86

Як видно з наведених розрахунків оптимальним для подальших порівнянь є варіант будівництва водоводу з пластикових труб, діаметром 900 мм.

8.8.3 ЗАЛУЧЕННЯ ВОДИ З КАНАЛУ ДНІПРО – КРИВИЙ РІГ

Як було визначено вище для подальшого розгляду вибрано варіант, що передбачає будівництво насосної станції біля існуючої НС №13 на Широківському магістральному каналі та водоводу у напрямку р.Інгулець продуктивністю 2,8 м³/с. При цьому є декілька варіантів прокладання водоводу, що вимагає попередньої оцінки.

Вартість подачі води по каналу Дніпро – Кривий Ріг на 2017 рік встановлена КПП «Кривбаспромводопостачання» у розмірі 1,52 грн./м³. Зважаючи на те, що висота підйому води по каналу Дніпро – Кривий Ріг складає близько 70,0 м середня вартість підняття 1 м³ води на висоту один метр буде становити: $1,52 : 70 = 0,022$ грн. Цю величину буде прийнято для розрахунку експлуатаційних витрат подачі води насосними станціями по водоводу від НС №13 до р.Інгулець.

Таблиця 50 демонструє співставлення варіантів будівництва водоводу з пластикових труб, діаметром 1000,0 мм, 1200,0 мм та 1400,0 мм.

Таблиця 50 Варіанти будівництва водоводу

Діаметр трубопроводу, мм	1400	1400	1400	1200	1200	1000
Довжина водоводу, км	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Кількість ниток	1	2	3	2	3	3
Ціна купівлі 1 км трубопроводу, млн. грн	36,015	36,015	36,015	26,469	26,469	18,765
Коефіцієнт перерахунку від ціни труби до ціни будівництва водоводу	2,33	4,2	6,06	4,2	6,06	6,06
Вартість будівництва трубопроводу, млн. грн.	1762,2	3176,5	4583,3	2334,6	3368,4	2388,0
Кількість насосних станцій на водоводі	3	1	1	2	1	2
Кількість насосів на НС	9	9	12	9	9	9
Вартість одного комплексу насосно-силового агрегату, млн. грн.	0,4	0,35	0,165	0,35	0,35	0,35
Вартість насосно-силового обладнання однієї насосної станції, млн. грн.	3,6	3,15	1,98	3,15	3,15	3,15
Коефіцієнт переходу від вартості	10	10	10	10	10	10

Діаметр трубопроводу, мм	1400	1400	1400	1200	1200	1000
насосно-силового обладнання до вартості будівництва НС						
Вартість будівництва однієї НС, млн. грн.	36,0	31,5	19,8	31,5	31,5	31,5
Вартість будівництва всіх НС, млн. грн.	108,0	31,5	19,8	63,0	31,5	63,0
Загальна вартість будівництва, млн. грн.	1870,2	3208,0	4603,1	2397,6	3399,9	2461,0
Площа землевідведення під будівництво водоводу, га	32,0	42,0	53,0	42,0	53,0	53,0
Вартість 1 га землі, млн.грн./га	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
Загальна вартість землевідводу під будівництво водоводу, млн.грн.	1,1	1,4	1,7	1,4	1,7	1,7
Сумарні капіталовкладення у будівництво водоводу, млн.грн.	1871,3	3209,4	4604,1	2399,0	3401,6	2462,7
Затрати на подачу води до насосної станції по каналу Дніпро – Кривий Ріг обсягом 88,3 млн.м ³ на рік, млн. грн.	134,2	134,2	134,2	134,2	134,2	134,2
Висота підйому води по водоводу	276,4	69,0	31,2	144,5	65,1	155,4
Вартість перекачки води одного метра води на висоту 1 метр грн.	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Затрати на подачу води від НС №13 по водоводу до річки Інгулець обсягом 88,3 млн.м ³ на рік, млн. грн.	536,9	134,0	60,6	280,7	126,5	301,9
Щорічні експлуатаційні витрати перекачки 88,3 млн. м ³ дніпровської води, млн.грн/рік	671,1	268,2	194,8	414,9	260,7	436,1
Собівартість при умові експлуатації системи протягом 15 років, млн.грн/рік	795,85	482,16	501,74	574,83	487,47	600,28

Як видно з наведених розрахунків оптимальним є варіант будівництва двох ниток водоводу, діаметром 1400,0 мм з одною насосною станцією. Майже однакові показники має варіант водоводу діаметром 1200,0 мм у три нитки з одною насосною станцією.

Для подальшої оцінки приймаємо варіант будівництва водоводу, діаметром 1400,0 мм у дві нитки з насосною станцією, продуктивністю 2,8 м³/с з висотою підйому води 69,0 м.

8.8.4 РЕКОНСТРУКЦІЯ КАНАЛУ ДНІПРО - ІНГУЛЕЦЬ

При визначенні вартості реконструкції каналу Дніпро – Інгулець за основу був використаний Робочий проект „Регулювання русла річки Інгулець на пропуск витрат води 20 м³/с.” Даний проект, розроблений у 2011 році охоплює ділянки річки Інгулець, загальною довжиною біля 12,0 км з 16,0 проблемних, що потребують виконання будівельних робіт. Таблиця 51 демонструє основні дані по обсягах та вартості робіт на рік розробки проекту та перерахунок вартості в ціни 2017 року.

Таблиця 51 Вартість реконструкції Дніпро – Інгулець

Ділянки розчистки	Потужність, км	Об'єм тис.м ³	Кошторисна вартість в цінах 2011 р, млн.грн	Орієнтовна кошторисна вартість в цінах 2017 р млн.грн.
Ділянка №1 с.Олександрово-	4,424	545,481	8,86	18,60

Ділянки розчистки	Потужність, км	Об'єм тис.м ³	Кошторисна вартість в цінах 2011 р, млн.грн	Орієнтовна кошторисна вартість в цінах 2017 р млн.грн.
Степанівка – с.Звенигородка				
Ділянка №2 с.Ізмайлівка	3,600	524,915	8,36	17,56
Ділянка №3 с.Новий Стародуб	4,000	536,530	7,38	15,50
РАЗОМ	12,024	1606,926	24,6	51,66

Виходячи з наведеної інформації було перераховано загальний обсяг ґрунту, що буде розроблений при розчищенні 16,0 км, а саме 2 140,0 тис.м³ та вартість розробки 1 м³ ґрунту, яка орієнтовно становить: $51,66 : 1,607 = 32,15$ грн./м. Орієнтовна вартість реконструкції каналу та розчищення русла річки Інгулець для забезпечення пропускної здатності на рівні 20,0 м³/с складе: $32,15 \times 2,14 = 68,8$ млн. грн.

8.8.5 ЗВЕДЕНІ ВИТРАТИ

Отже підсумовуючи вище наведені розрахунки можна зробити наступні висновки:

- Найбільш оптимальним виглядає варіант 3б, що передбачає переорієнтації потоків північної групи шахт на південь, шляхом прокладання трубопроводу від НС №8 до КП-2 з діаметром 700,0 мм у дві нитки, будівництво насосної станції підкачки після КП-2 та прокладання трубопроводу від НС (КП-2) діаметром 900,0 мм до ставка накопичувача.
- Для забезпечення постійного скиду протягом року в діапазоні витрат 0,35 або 0,63 м³/с необхідно передбачити будівництво берегової насосної станції на ставку-накопичувачі та прокладання водоводу з пластикових труб, діаметром 900,0 мм до місця скиду шахтних вод у р. Інгулець.
- Для організації подачі дніпровської води в р.Інгулець витратами 2,8 м³/с передбачити будівництво насосної станції (або реконструкція існуючої НС №13) на Широківському магістральному каналі з відбором вод з каналу Дніпро - Кривий Ріг та водоводу до річки Інгулець зі скидом води вище точки скиду шахтної води.
- Для забезпечення збільшення подачі води по каналу Дніпро – Інгулець до 16,0 м³/с виконати розчищення та поглиблення ділянок каналу та русла річки Інгулець на окремих між Олександрійським та Карачунівським водосховищами з метою забезпечення їх пропускної здатності не менше ніж 20,0 м³/с.

Таблиця 52 демонструє основні економічні показники по даному варіанту.

Таблиця 52 Зведені витрати

Назва заходу	Річний обсяг подачі води, млн.м ³	Капітало- вкладення, млн. грн.	Експлуатаційні витрати, млн. грн.
Будівництво системи по переорієнтації потоків північної групи шахт на південь	3,4	1963,6	11,79
Будівництво берегової насосної станції на ставку-накопичувачі та прокладання водоводу в точку скиду шахтних вод в р.Інгулець	15,8	144,3	8,34
Будівництво насосної станції (або реконструкція існуючої НС №13) на Широківському магістральному каналі та водоводу для подачі дніпровської води в річки Інгулець вище місця скиду шахтних вод	88,3	3209,4	268,2
Подача води по каналу Дніпро-Кривий Ріг з Південного водосховища по 33 каналу	173,0		263,0
Збільшення пропускної здатності каналу Дніпро-Інгулець та ділянок річки Інгулець між Олександрійським та Карачунівським водосховищами та подача води каналом	505,0	68,8	348,5
Залучення води з Карачуніського водосховища для розбавлення ШВ за рахунок власного стоку річки Інгулець	50,0		12,5
Всього		5 386,1	912,33

9 ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНА УТИЛІЗАЦІЯ ШАХТНИХ ВОД (A5)

Ця альтернатива передбачає використання гірничодобувними компаніями власних ресурсів, які підходять під їхні умови. Метою є визначити потенційне рішення щодо децентралізації та покращення якості шахтних вод на кожній з працюючих шахт, беручи до уваги технічні умови та ресурси кожної шахти.

За допомогою Робочою Групи, ДМТ були опрошені гірничодобувні компанії Кривбасу, які експлуатують діючу систему відводу накопичування та скиду шахтних вод. Шахтам було запропоновано дати пропозиції щодо індивідуальної утилізації вод. Слід зазначити, що оптимізація та/або реорганізація шахтного водовідливу не є предметом цього дослідження. Відповіді шахт неведені в Додатку 3.

За результатами опрошення три гірничодобувні компанії (АрселорМіттал Кривий Ріг, КЖРК та ЦГЗК) дали пропозиції та коментарі щодо можливостей індивідуальної утилізації та покращення якості шахтних вод. ДМТ виходить з того, що решта опрошених підприємств не бачать інших децентралізованих можливостей. Аналіз та коментарі ДМТ щодо наданих пропозицій наведені далі.

9.1.1 АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ

На замовлення ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» інститутом «УКРНИИВОДОКАНАЛПРОЕКТ» у 2010-му році було виконане техніко-економічне обґрунтування демінералізації шахтних вод для однієї з шахт компанії (шахти імені Артема). Дослідженням запропонована комбінована технологія зворотнього осмосу з наступним випарюванням, практично аналогічна розглянутій в розділі 6 вище.

Запропонована схема обезсолювання 500 м³/год (4,2 млн м³/рік) шахтних вод для технічного водопостачання або з отриманням води питного призначення. В результаті запропонованого технологічного процесу може бути отримано до 300 м³ в годину демінералізованої шахтної води і до 200 м³ в годину концентрату, котрий необхідно утилізувати. Для утилізації концентрату пропонувалось направити його на випарувальний комплекс з отриманням, при визначених умовах, обезвожених сухих і рідких соляних продуктів. Пропонувалось також захоронення на полігонах не утилізованих промислових відходів.

Капітальні витрати оцінені близько 2 млрд. гривень в перерахунку на курс 2017 р (70 млн. євро). Операційні витрати на демінералізацію оцінені близько 220 млн. грн. на рік в перерахунку на курс 2017 р (7,6 млн. євро). Хоча в дослідженні прийняти можливість продажу на ринку солепродукту, інформації щодо потенційного ринку не наведено. Також, ДМТ не змогли зайняти в дослідженні пропозицій та витрат на утилізацію соляного продукту.

Взагалі, запропонована система для шахти утилізації є технічно реалізуємою, що підтверджується досвідом роботи подібної установки в Польщі (докл. розділ 6). З точки зору витрат, будівництво та експлуатація однієї централізованої установки (розділ 6) буде дешевшим ніж будівництво кількох для кожної шахти за рахунок ефекту масштабу.

9.1.2 КЖРК

На замовлення ПАТ «КЖРК» інститутом «ІПРЕ НАН України» виконується дослідження утилізації шахтних вод для шахти «Батьківщина (Родіна)» компанії. Оскільки дослідження ще не закінчено, ДМТ для аналізу була доступна загальна технічна концепція з деякими розрахунками (Додаток 4).

Пропонується демінералізація: зворотнім осмосом, дистиляцією та виморожуванням. Деталі технології наразі невідомі ДМТ. Проте, надані концептуальні схеми вказують на технологію подібну до розглянутій в розділі 6 вище та досліджену для АрселорМіттал. Наразі невідомі деталі концепції щодо утилізації розсолу та/або твердого солепродукту та відповідні витрати.

Іновативним є запропоноване енергозабезпечення процесу демінералізації за рахунок енергії вітру та сонця. Навіть не маючи детальної бази для аналізу, можна виходити зі значного позитивного екологічного ефекту порівняно до інших варіантів демінералізації, де передбачається використовувати енергію з конвенційних джерел. З іншого боку, до теперішнього часу, як вітро, так і сонячна енергія є зазвичай дорожче вугільної та газової.

Вартість вітроенергії при швидкості вітру 7,5 – 8 м/с відповідає вартості вугільною електроенергії. За швидкості вітру 8,5 - 9,5 м/с вартість вітроенергії відповідає вартості газової електроенергії. Хоча, в довгостроковій перспективі, вартість вітроенергії прогнозується нижче вартості традиційної електроенергії. Більшість європейських вітрогенераторів мають потужність до 2 МВт. Таким чином тільки для демінералізації води запропонованої шахти знадобиться близько 68 вітрогенераторів. При вартості 1 225 євро/кВт встановленої потужності, вартість комплексу вітрогенераторів буде складати більш ніж 166 млн.євро.

Сонячна електростанція заявлену потужність, наприклад 1 МВт, може віддавати тільки в обідні години сонячного дня. У ранкові та вечірні години кількість енергії що виробляється значно падає, в похмурі дні і нічні години сонячна електроенергія виробляється в незначній кількості. Промислова сонячна електростанція при заявленій потужності 1 МВт виробляє енергії за рік близько 1 140 000 кВт. При цьому середня протягом року потужність складає близько 130 кВт, тобто в 7,7 разів менше потужності сонячних панелей. За наведеними в концепції розрахунками, на демінералізації води цілий рік (8 760 годин) потрібна потужність 135,7 МВт. Відповідно, буде потрібна сонячна електростанція потужністю $135,7 \times 7,7 = 1\,044$ МВт. За різними джерелами вартість сума інвестицій будівництва електростанції «під ключ» становить від 0,9 до 1,2 USD за 1 Вт встановленої потужності. Тобто будуть потрібні інвестиції близько 1,044 мільярда USD. Займана сонячною електростанцією площа становить близько 2 га на 1 МВт потужності. Тобто для розглянутого прикладу може знадобитися територія більше 2 000 га (20 км²). В ході тендера управління електро- та водопостачанням Дубая (DEWA) з будівництва третьої черги 800-мегаватної сонячної електростанції Мохаммеда бін Рашид аль-Мактума були запропоновані ціни 2,99, 3,65 та 3,95 центів за кіловат-годину. Для порівняння, в США сонячні електростанції промислового масштабу постачають електрику, в середньому, за ціною 5 центів за кВт год, користуючись державними субсидіями і податковими пільгами. Для України наразі є тільки розрахунки вартості енергії сонячної установки для резервного електропостачання, складовою 0,34 \$ / кВт год, що майже 8 разів перевершує вартість вугільної електроенергії.

Таким чином, поряд з такими беззаперечними перевагами, як поліпшення екологічного стану, зменшення викидів CO₂ та пільги за вироблену «зелену» електроенергію, пропонується перехід на сонячну електроенергію вимагатиме значних інвестицій та площ. Висока вартість сонячної та вітроелектроенергії додатково збільшить експлуатаційні витрати на демінералізацію. Як і в попередньому варіанті, будівництво та експлуатація однієї централізованої установки (розділ 6) буде дешевшим ніж будівництво кількох децентралізованих для кожної шахти за рахунок ефекту масштабу.

9.1.3 ЦГЗК

Пропозиція ПАТ "Центральний ГЗК" стосується тільки однієї непрацюючої шахти (Додаток 5). Пропонується вилучення з загальної системи відводу шатних вод Кривбасу шахтних вод шахти «Гігант» та самостійне транспортування їх в хвостосховище ПРАТ «ЦГЗК» для поповнення системи зворотного водопостачання комбінату. Запропоновані міри зменшать загальну кількість скидаємих шахтних вод, та витрати підприємства на воду для збагачення руди, що частково подається з Карачунівського водосховища. Проте, враховуючи місце знаходження зазначеного хвостосховища та відсутність дієвого протифільтраційного екрану, це може мати негативний вплив на якість води у Карачунівському водосховищі, із якого забезпечуються питною водою близько 30 % мешканців міста Кривого Рогу.

Хвостосховище розташовано на відстані від Карачунівського водосховища від дамби до балки (русла перекритої річки) 460м, по руслу 1384 м. Найкоротша відстань від дамби до водосховища становить 1540 м.

На території, прилеглої до хвостосховища мають поширення водоносні горизонти четвертинних і неоген-палеогенових відкладів та тріщинуватих кристалічних порід архею. Серед осадових порід, потужність, яких складає 10-62 м, зменшуючись в напрямку р. Інгулець, переважають глинисті піски. Водотривкою товщею є червоно-бурі глини потужністю 8-24 м, в днищі балок потужність їх зменшується до 4-5 м. Кристалічні породи представлені гранітами, гнейсами. В межах території, між р. Інгулець, Карачунівським водосховищем та хвостосховищем, глибини рівнів першого від поверхні водоносного горизонту змінюються від 0,9 – 1,72 м до 4,73-6,92 м. мінералізація ґрунтових вод коливається в широких межах від 1,8-2,82 г/дм³ до 8,8-12,3 г/дм³. Глибина рівнів підземних вод, приурочених до пісків неогену становить 5,64 – 25,88 м, мінералізація їх – 4,8-13,25 г/дм³. Серед кристалічних порід обводненою є верхня тріщинувата зона, потужність 11-20 м, яка простягається до глибин 80-120 м. По спостережних свердловинах глибина рівнів підземних вод простежується по площі в межах 5,24-33,06 м. Мінералізація підземних вод тріщинуватих кристалічних порід вздовж берега Інгулець становить 0,69-0,82 г/дм³ та 2,0-3,4 г/дм³.

З початку експлуатації хвостосховища і до 90 років минулого століття спостерігалася активна фільтрація мінералізованих вод з хвостосховища в р. Інгулець і Карачунівське водосховище. Шляхами надходження фільтраційних втрат були балки Лозуватка та Завертана. Забруднені були підземні води всіх вказаних водоносних горизонтів, відбулося зростання глибин рівнів, підтоплення прилеглих територій. Зміна хімічного складу підземних вод відбулася на площі від с. Лозуватка (мінералізація вод по водозабірним свердловинам змінилася з 1,8-2 г/дм³ до

4,5 г/дм³, р-н лікарні, школи) до с. Мар'янівка. Вздовж берега р. Інгулець по свердловинах, обладнаних на неогенові піски мінералізація вод досягла 11-12 г/дм³, в тріщинуватих кристалічних породах - 4,0-5,0 г/дм³. В Карачунівському водосховищі мінералізація води стала 1,5 г/дм³, тоді як на вході у водосховище, вода мала мінералізацію до 1,0 г/дм³.

З метою захисту поверхневих вод Карачунівського водосховища від забруднення в 1987 р. була створена система водознижуючих свердловин в кількості 38, і протифільтраційна завіса, глибиною 16-25 м, довжиною 1480 м, яка заповнена сумішшю бентонітової глини та цементу. Але за даними моніторингових спостережень регіонального рівня за станом підземних і поверхневих вод, як повного перехоплення фільтраційних втрат не відбулося. На сьогодні відбувається фільтрація вод з хвостосховища по балках та зонах інтенсивної тріщинуватості. По спостережних свердловинах об'єктового рівня, обладнаних на відклади осадового чохла, мінералізація вод на окремих ділянках досягає 10-14,7 г/дм³. Згідно наявних гідрогеологічних карт рух підземних вод відбувається в бік р. Інгулець, де вони розвантажуються у вигляді джерел.

Таким чином, надходження в хвостосховище більш мінералізованих вод може призвести до подальшого забруднення підземних вод і їх надходження в поверхневі води Карачунівського водосховища. Незалежно від ризиків, розглянута пропозиція стосується тільки локальних умов підприємства, та не може бути розповсюджена на всі шахти Кривбасу.

9.1.4 ВИСНОВКИ

Дві з трьох пропозицій гірничодобувних компаній складаються, по суті, з демінералізації зворотнім осмосом з наступним випарюванням, детально розглянутій в розділі 6. Наскільки можна судити з наданих деталей, вони є технічно реалізуємими, що підтверджується досвідом роботи подібної установки в Польщі (докл. розділ 6). Проте, будівництво та експлуатація однієї централізованої установки буде дешевшим ніж будівництво кількох індивідуальних для кожної шахти за рахунок ефекту масштабу.

Концепія що розроблена для КЖРК може значно поліпшити екологічний стан, зменшити викиди CO₂ дякуючи застосуванню «зеленої» електроенергії для демінералізації. Разом з тим, перехід на сонячну та або електроенергію вимагатиме значних додаткових інвестицій (близько 5 млрд. грн або 166 млн.євро) та площ до 2 000 га. Висока вартість сонячної та вітроелектроенергії додатково збільшить експлуатаційні витрати на демінералізацію.

Третя пропозиція має ризики подальшого забруднення підземних вод та поверхневих вод Карачунівського водосховища. Цей варіант є реалізуємим тільки для умов ПАТ "Центральний ГЗК, та не може бути розповсюджений на всі шахти Кривбасу.

Базуючись на результатах аналізу наданих пропозицій гірничодобувних компаній, ДМТ не може ідентифікувати рішення щодо децентралізованої утилізації шахтних вод, яке покращить якість води в р. Інгулець до нормативної з витратами потенційно меншими ніж централізовані опції, розглянути в попередніх розділах.

10 АНАЛІЗ РИЗИКІВ

Зважаючи на той факт, що практично всі об'єкти системи транспортування, акумуляції та скиду шахтних вод Кривбасу, є потенційно небезпечними техногенними об'єктами з високим ступенем ризику впливу на водне середовище, то для всіх варіантів та технологічних процесів, які розглядаються в цьому дослідженні (перекачка, акумуляція, скид розбавлення шахтних вод), необхідно аналізувати та прораховувати ризики виникнення чи настання певної надзвичайної ситуації техногенного характеру. Де які ризику будуть актуальні та схожі для більшості варіантів і технологічних процесів, що розглядаються.

Для оптимізації існуючої системи транспортування, акумуляції та скиду шахтних вод Кривбасу покращення наявної системи актуальними є наступні ризики:

Таблиця 53 Аналіз ризиків

Фактор ризику	Наслідки	Заходи по недопущенню виникнення ризику
Зростання частоти скиду надлишків зворотних вод з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» в річку Саксагань, через поступове зменшення акумулюючої ємності хвостосховища.	Щорічне утворення надлишку зворотних вод в хвостосховищі ПРАТ «ПІВНГЗК». Зміна характеру скиду з періодичного (раз у 5-10 років) на постійний (щорічно у міжвегетаційний період). Збільшення техногенного навантаження на річки Саксагань та Інгулець.	Вирішення питання поетапного виводу шахтних вод північної групи шахт з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК».
Припинення прийому шахтних вод північної групи шахт в хвостосховище ПРАТ «ПІВНГЗК» у зв'язку з переходом будівництва хвостосховища на кінцеві етапи можливого нарощування дамб що огорожують.	Через відсутність в північному напрямку відкачки іншої вільної ємності придатної для тимчасової акумуляції шахтних вод, будуть створені передумови для припинення відкачки шахтних вод з північної групи шахт та їх затоплення.	Впровадження постійно діючого нерегульованого аварійного скиду шахтних вод в річку Саксагань. Або переорієнтування шахтних вод північної групи шахт на південь в ставок-накопичувач, шляхом розробки та реалізації проекту будівництва нового трубопроводу шахтних вод від насосної станції №8 до ставка-накопичувача.
Відсутність, в маловодні роки, достатнього обсягу води в Макортівському водосховищі на річці Саксагань для забезпечення необхідного режиму попусків води на розбавлення.	Через відсутність інших доступних джерел води для розбавлення, не можливо буде дотриматися розрахункових показників якості води в річці Саксагань нижче місця скиду, що унеможливує реалізацію скиду надлишків зворотних вод з хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» та подальший прийом шахтних вод в зворотний цикл комбінату.	Своєчасне переорієнтування шахтних вод північної групи шахт на південь в ставок-накопичувач, для їх тимчасової акумуляції та гарантованого скиду у визначений термін.

Фактор ризику	Наслідки	Заходи по недопущенню виникнення ризику
	Відповідно виникають передумови для припинення відкачки шахтних вод з північної групи шахт та їх затоплення.	
Вихід з ладу зашламованих та фізично зношених ділянок трубопроводів загальної системи транспортування шахтних вод, експлуатація яких здійснюється в одну нитку у аварійному режимі.	На період виконання ремонтів та заміни ділянок трубопроводів припинення прийому шахтних вод від шахт, що їх відкачують, до загальної системи транспортування. За таких умов припиняється відкачки підземних вод з усіх шахт Кривбасу з затопленням гірничих виробок або здійснюється відкачка шахтних вод на поверхню з аварійним їх скидом в річку Саксагань та на місцевість поблизу шахт.	Ремонт і заміна аварійних ділянок та будівництво нових трубопроводів шахтних вод. Залучення до системи транспортування шахтних вод додаткових аварійних ємностей для тимчасової акумуляції шахтних вод на період виконання ремонтних робіт.
Скиду шахтних вод з шахт «Гігант-Дренажна» та шахтоуправління ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» в річку Саксагань, у зв'язку з недобудовою двох акумулюючих ємностей в районі насосної станції шахтних вод Руднична.	Здійснення нерегульованого аварійного скиду шахтних вод в річку Саксагань.	Завершення ДП «Кривбасшахтозакриття» будівництва та введення в дію двох ємностей для освітлення та акумуляції шахтних вод з приєднанням їх до загальної системи транспортування шахтних вод Кривбасу.
Виникнення аварійних скидів забруднених зворотних та стічних вод в річку Інгулець, з промислових об'єктів (хвостосховищ ПАТ Південний ГЗК, ГЗК ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» тощо) які розташовані вздовж постійно діючого обвідного каналу.	Збільшення нерегульованого техногенного навантаження на річку Інгулець. Перевищення розрахункових показників якості води в річці Інгулець, нижче місця впадіння обвідного каналу.	Підвищення відповідальності підприємства за здійснення аварійних скидів в обвідний канал. Впровадження інтегрованої системи контрольних постів на обвідному каналі та річці Інгулець для оперативного відстеження та реагування на зміни гідрологічних та гідрохімічних показників на водному об'єкті та його притоках.
Припинення відкачки шахтних вод з ставка-накопичувача, через перебої з енергопостачанням.	Тривала зупинка роботи насосної станції на скид шахтних вод, призведе до переповнення ставка-накопичувача та зміни гідрохімічних показників якості води в річці Інгулець. В той же час не ефективно буде використана вода для розбавлення шахтних вод та кошти на її залучення.	Будівництво до ставка-накопичувача додаткової лінії електропостачання та введення в дію двох незалежних джерел енергопостачання насосної станції ставка-накопичувача.
Зупинка подачі дніпровської води по каналам «Дніпро-	Тривале припинення подачі дніпровської води, як в період	Підтримка в належному технічному стані насосного обладнан-

Фактор ризику	Наслідки	Заходи по недопущенню виникнення ризику
Інгулець» та «Дніпро-Кривий Ріг» (вихід з ладу насосного обладнання, перебої з енергопостачанням, несплата коштів за подачу води тощо)	скиду шахтних вод, так і в період зрошення неминує призведе до перевищення розрахункових показників якості води в контрольних створах на річках Інгулець і Саксагань, спричинить надмірне спрацювання каскаду водосховищ та поставить під загрозу питне водопостачання ряду міст в басейні річок Інгулець і Саксагань.	ня та трубопроводів каналів «Дніпро-Інгулець» та «Дніпро-Кривий Ріг». Чітке визначення джерел фінансування. Забезпечення достатньої та надійної системи фінансування заходів по залученню необхідного обсягу дніпровської води в басейн річки Інгулець.

Ризики, які можуть виникнути при оптимізації діючої системи транспортування, тимчасової акумуляції, та скиду надлишків шахтних вод Кривбасу, умовно можна поділити на три групи: технічні (технологічні), організаційні та фінансові. Уникнути та упередити зазначених ризиків можливо лише за умови розробки та впровадження нового механізму управління об'єднаної системи відкачки, транспортування, тимчасової акумуляції, скиду шахтних вод та їх розбавлення. Управління об'єднаною системою та технологічними процесами (перекачка, акумуляція, скид, подача води для розбавлення) має здійснюватися однією організацією на підставі чітко визначеного механізму фінансування та джерел надходження коштів.

11 ВИМОГИ ДИРЕКТИВ ЄС

Євросоюз (ЄС) дотримується відповідно до Рамкової Директиви з води (2000/60/EG) від 2000 року уніфікованої концепції з захисту та використання європейських водних ресурсів. Країни розробляють господарчі плани, в котрих визначають засоби з покращення якості води. Громадськість також приймає участь в розробці цих господарчих планів.

Метою є забезпечення доброго чи дуже доброго екологічного стану природних водотоків. Для цього треба визначити характерні параметри “дуже доброго екологічного стану” для різних типів водних об’єктів.

Багато водних об’єктів, проте, були визначені в ході аналізу як “значно змінені” чи “штучні”. Для цих водних об’єктів, на відміну від природних водних ресурсів, метою є не досягнення доброго екологічного стану, а зміна існуючої тенденції та засоби щодо покращення якості води.

В таких випадках (одним з них є Кривий Ріг) країни-члени ЄС мають визначити тип та шкалу важливого антропогенного навантаження. При цьому особливо зважають на навантаження через точкові та дифузні джерела, водозабори, регулювання стоків, водно-морфологічні зміни та використання земель. Метою є отримання висновків, чи є відповідне навантаження, котре може перешкодити цілям Рамкової директиви з водного господарства, наприклад, що може привести до погіршення доброго стану ґрунтових водних об’єктів та чи необхідне проведення оперативного моніторингу. Дані використовуються для отримання програми дій відповідно до пар. 11 та відповідно до господарчих планів, як зазначено в пар. 13 Рамкової директиви.

Наприкінці треба провести оцінку ризиків, який вплив буде мати це навантаження на ґрунтові водні об’єкти і наскільки вірогідно, що через це навантаження актуальний стан не буде відповідати цільовому доброму стану.

Таким чином, якщо в об’ґрунтованих випадках є необхідність для ґрунтових водних об’єктів відповідно до пар. 4, абзац 5 треба визначити не такі суворі екологічні цілі для хімічного стану ґрунтових вод, це можливо відповідно до Додатку II № 2.5 тільки тоді,

- якщо природні показники ґрунтових вод мають хімічні показники, котрі виходять за межі стандартів з якості ґрунтових вод;
- якщо вартість санації ґрунтових водних об’єктів чи часткових об’єктів не пропорційно високі;
- якщо немає технології, яка придатна для санації об’єкту ґрунтових вод чи часткового об’єкту, що страждає через таке навантаження.

Якщо діяльність людини призвела до порушення екологічних цілей, то треба перевірити, чи немає інших засобів, котрі також можуть сприяти досягненню мети, котрі, проте, будуть мати менший негативний вплив на оточуюче середовище та не будуть приводити до непропорційно високих витрат. Якщо немає альтернативи антропогенної діяльності, треба бути впев-

ним, що при її подальшій реалізації буде присутній мінімально можливий вплив на характеристики ґрунтових вод. Якщо до об'єктів ґрунтових вод застосовуються не такі строгі цілі, у майбутньому треба запобігти погіршення стану ґрунтових вод.

Відповідно до цієї оцінки доброю якістю води для природних водних ресурсів вважають, наприклад, цільові показники з хлориду для водних об'єктів (котрі застосовуються також для питної води) на рівні 250 мг/л. Однак треба враховувати також існуючий фоновий вміст багатьох компонентів, котрий також має бути врахований при оцінюванні.

Реалізація рамкової директиви з водного господарства виконується окремими країнами-членами угоди, котрі можуть враховувати особі умови в країні.

11.1 МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ

Екологічний стан отримують на базі порівняння тих організмів, що живуть в воді, та того складу, що міг би бути за природних умов. Сумарність живих істот водного об'єкту відображує всі впливові чинники та рівень негативного впливу. Гідробіологи використовують для цього чотири групи живих істот: безхребетні живі істоти, що мешкають на дні водного об'єкту (макробентос), водні рослини (макрофіти) та водорості, що ростуть на дні (фітобентос), плаваючі водорості (фітопланктон), а також риби. Для цих груп, котрі відповідно до Рамкової директиви з водного господарства (РДВГ) зазначені як біологічні якісні компоненти, визначається склад виду та розповсюдження окремих видів.

Чим більше відхилення стану живих істот від природного стану, тим складніше упорядкування відповідно до п'яти класів стану. Найкращий стан із мінімальним відхиленням — це “дуже добре”. Далі слідує “добре”, “задовільно”, “незадовільно” та “погано”. Застосовується песимістичний прогноз (принцип „Worst-Case”):

Біологічні якісні компоненти із самою поганою оцінкою визначають загальний стан водного об'єкту.

Якщо були перевищені показники екологічного стандарту якості (UQN) щодо шкідливої речовини в басейні річки, то в кращому випадку екологічний стан може бути оцінений як “задовільний”. Для оцінювання та визначення навантаження використовуються додатково фізично-хімічні показники, як вміст поживних речовин, температура чи вміст солей, а також гідроморфологічні показники.

11.2 ЗНАЧНО ЗМІНЕНІ ТА ШТУЧНІ ВОДНІ ОБ'ЄКТИ

При оцінюванні водних об'єктів є особливі випадки, як представлено нижче:

- „штучні” водні об'єкти, як канали, а також
- „значно змінені” річки та струмки, природна структура котрих була значно змінена людиною і котрі і сьогодні дуже інтенсивно використовуються, наприклад, для осушення земель, судноплавства та для отримання питної води.

Таким чином, ЄС зважає на те що не можна відмовитися від усіх типів використання водних об'єктів, тобто тільки частково можна відновити природні ареали для живих істот.

11.3 ПІДСУМОК НЕОБХІДНИХ КРОКІВ

Відповідно до європейських стандартів, наступні пункти є обов'язковими. Частково вони існують у якості окремих видів діяльності, котрі, проте, можна упорядкувати відповідно до Європейської Директиви з водного господарства і котрі треба назвати:

- Заснування постійної системи моніторингу;
- Визначення складу навантаження;
- Екологічне оцінювання водних об'єктів;
- Визначення, чи реалістичне досягнення цільових показників;
- Вірогідність: класифікація водних об'єктів, що мають “значне навантаження”, котрі також будуть мати промислове навантаження у майбутньому;
- Розробка господарчого плану та засобів для покращення стану;
- Дискусія з громадськістю;
- Підтвердження господарського плану та засобів; надання дозволів.

З причини того, що реалізація Рамкової директиви з водного господарства залежить від особливостей країни та ситуації, можна порекомендувати схожі засоби, котрі були реалізовані в Німеччині впродовж останніх років. Ці міри розглядаються в наступному розділі.

12 ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРІНГУ

ДМТ, на цьому етапі проекту, не відомо в деталях як організована сьогодення система моніторингу та система розподілу інформаційних потоків та сфер відповідальності. В рамках цієї роботи ДМТ отримала дані вимірювань різних інститутів, організацій та підприємств. На основі переданих даних можна зробити наступні висновки:

Сьогодення система моніторингу сфокусована на вимірюванні об'ємного потоку та важливих хімічних параметрів (дані з якості) шахтних вод, що скидаються за планом, та вимірюванні якісних даних на окремих важливих точках контролю річки Інгулець. За межами періоду скидання шахтних вод вимірювання даних практично не проводиться. На деяких важливих потоках заміри виконуються лише час від часу, наприклад Обвідний канал, річка Саксагань. Результати таких несистематичних вимірів можуть розглядатися лише як орієнтири.

Під час розрахунків можливостей оптимізації існуючої системи компанія ДМТ прийшла до висновків, що на протязі року існують значні коливання водоносності річки та якості води, що скидається, а також її об'єму, і що ці коливання мають значний вплив на отриману в результаті концентрацію в Інгульці. Існуюча система, котра передбачає постійний об'єм скидання шахтних вод та постійний об'єм потоків для розбавлення на означений період, дуже часто дає більше розбавлення, ніж було необхідно. Це приводить до значно більших витрат.

Оскільки реальні потреби можуть дуже відрізняються, залежно від часу, ми рекомендуємо організувати систему регулювання, котра буде орієнтуватися на реальних потребах в режимі реального часу.

12.1 КОНЦЕПЦІЯ УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ:

Така концепція управління потоками має враховувати багато аспектів. Серед них:

- Обладнання постійної системи моніторингу. Знання реального рівня мінералізації в річці Інгулець отримані від системи моніторингу в режимі онлайн є важливою основою для управління мінералізаційного навантаження. Вміст солі має постійно визначатися, вимірюючи провідність. Також треба встановити, по можливості більше точок вимірювання по ходу річці Інгулець та, наприклад, також по ходу річці Саксагань. Це дасть можливість отримати інформацію також про скиди та притоки меншого масштабу та про їх динаміку із часом. Це можна зробити через абсолютний рівень на мінімум однієї контрольної точці на Інгульці після скидання із ставку Свістунова.
- На базі системи моніторингу є, в принципі, вже розроблена в рамках цього проекту система управління ($Q_{\text{розбавлення}} = f(Q_{\text{Інгулець}}; c_{\text{Інгулець}})$), далі привести у відповідність до реальної ситуації та і у відповідність до окремих випадків.
- Скидання із ставку Свістунова: на додаток до оптимального управління скиду із ставку Свістунова треба забезпечити необхідний резервний обсяг, щоб можна було збалансувати показники у непередбачених випадках.

- Скидання із північного хвостосховища: незалежно від параметрів циклу скиду з цього об'єкта, треба оптимізувати цикл між ставком-накопичувачем та забором води з хвостосховища.
- Враховувати в деталях безпосереднє відведення від стволів шахт.
- Враховувати в деталях дифузний вихід речовин з ґрунтових вод.
- Враховувати в деталях інші джерела отримання речовин після скидання в Саксагань (наприклад, від АрселорМіттал та через Обвідний канал).
- В майбутньому дозвіл на регулювання сольового навантаження має існувати постійно, щоби не втрачати час при сприятливих метеорологічних умовах.
- Треба забезпечити, щоб водосховище Карачун мало достатньо води для розбавлення. Точне відображення профілю глибини та об'єму, як вже було зроблено для ставку Свістунова, треба враховувати в моделі управління.
- Додаткове заповнення через канал Дніпро-Інгулець треба також враховувати в програмі управління, щоб було достатньо води в необхідний момент. Також треба враховувати подачу води через канал Дніпро-Кривий Ріг, якщо досягли максимуму ефективності/потужності насосів.

Дані моніторингу в реальному часі мають збиратися в центральній диспетчерській. Із цієї диспетчерської інформація для управління скидами мінералізованої води та водою на розбавлення може видаватися назовні згідно з встановлених управлінських процедур.

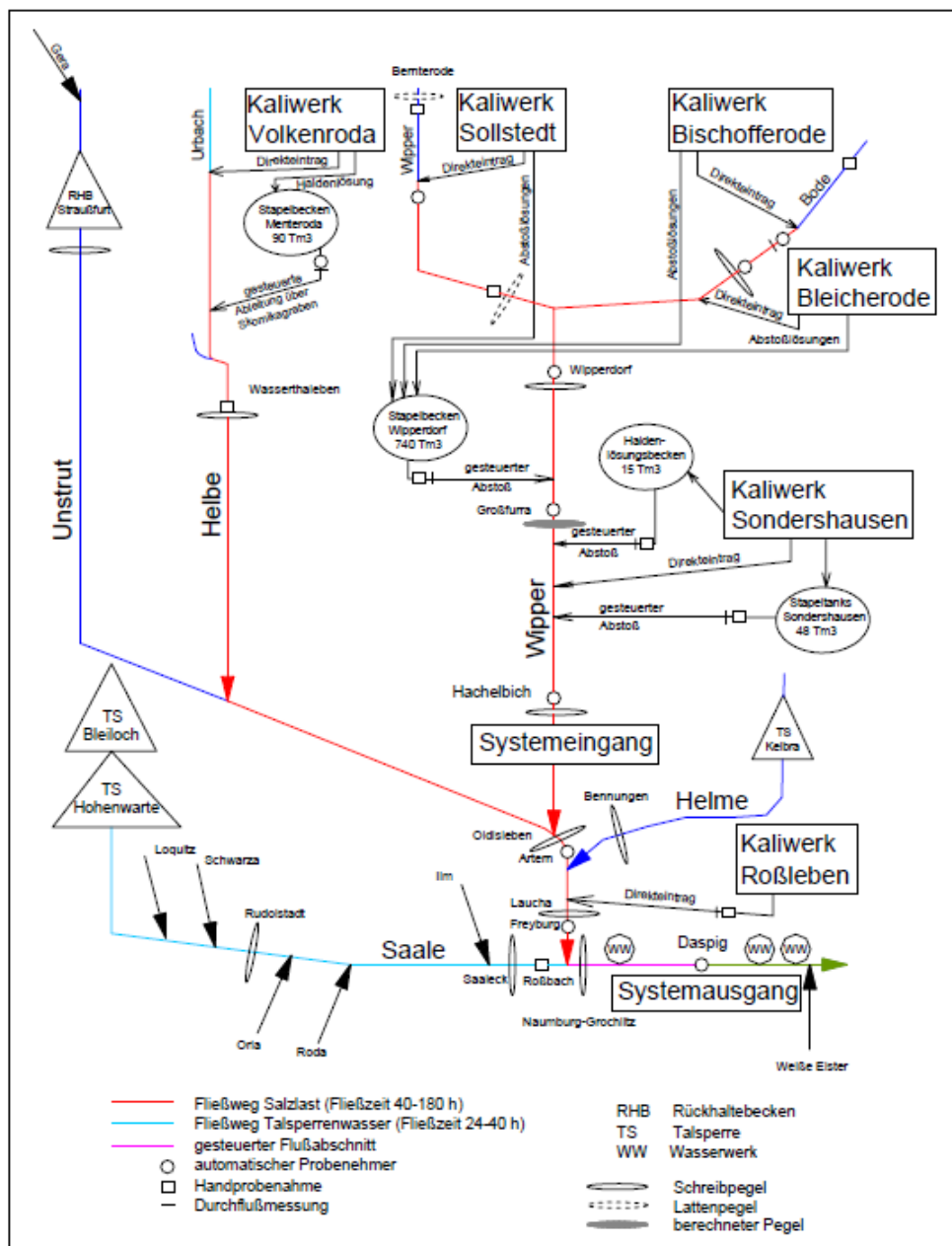
Дані, що надходять, будуть відображатися на моніторах в режимі реального часу. Якщо граничні показники будуть перевищені, то в ручному режимі можна залучитися до засобів управління чи буде напівавтоматичне чи автоматичне управління водою, що підлягає розбавленню чи скиданню.

12.2 ПРИКЛАДИ НІМЕЧЧИНИ

В німецькій калійній промисловості існує впродовж багатьох років конфлікт стосовно граничних показників в річці Верра (Тюрінгія та Хессен). Річку Верра можна дуже добре порівняти із Інгульцем.

Старі граничні показники хлориду від 1942 року (2500 мг/л) змінили в 2015 року на 1700 мг/л. Але існує домовленість всіх сторін, що впродовж наступних десяти років побудують трубопровід до найближчої великої річки. Обсяги потоків, що скидають, дорівнює 8 млн. м³ на рік. Паралельно до проблеми з NaCl, концентрація магнію/кальцію/сульфатів (жорсткість) дуже часто досягає граничних показників раніше, ніж NaCl — типова проблема для калійного виробництва.

В південних регіонах Гарцу існує 3 старі калійні шахти (Бішофероде, Зольштедт, Блейхероде), що скидають мінералізовану воду в річку Віппер. Була встановлена напівавтоматична система управління (Малюнок 49). Вміст солей вимірюється за допомогою електричної провідності та вимірюються потоки, що підлягають скиданню, це все



Малюнок 49 Система управління якістю води Унштрут²¹

²¹ Джерело: GVV

розраховуються за допомогою комп'ютерної програми, із урахуванням часу затримки. Електрична провідність вимірюється по ходу течії річки, щоби точно проаналізувати “хвилі складу солей” та дуже точно керувати системою в режимі реального часу. Актуальне та довгострокове обмеження щодо хлоридів становить 1 500 мг/л. Раніше була гранична концентрація була 1900 мг/л. За останні десятиріччя було узгоджено усереднене значення в 1700 мг/л.

Вдосконалена система моніторингу якості та кількості води дозволить:

- покращити якість води у задіяних річках;
- знизити витрати на управління шахтними водами;
- виконати відповідні вимоги директиви ЕС;
- забезпечити прозорість управління шахтними водами для усіх сторін, включаючи громадськість.

13 ПІДСУМКИ АНАЛІЗУ АЛЬТЕРНАТИВ

Прогнозну якість води у річці Інгулець для розглянутих альтернатив та відповідні витрати демонструє Таблиця 54.

Таблиця 54 Якість води та витрати по альтернативам

Варіант		Якість у р. Інгулець [мг/л] (сезон зрошення / решта часу)		Витрати [млн. грн.]	
		Концентрація хлоридів	Загальна мінералізація	Капітальні	Експлуатаційні
Поліпшення існуючої системи (A1)	Розширений періодичний скид	350/1500	1500/4500	0	394
Скидання води зі ставка-накопичувача до Чорного Моря (A2)		350/1200	1600/4000	12 600	311
Скидання води зі ставка-накопичувача до Дніпра (A2б)		350/1200	1600/4000	9 577	245
Демінералізація шахтних вод (A3а) включно з утилізацією продукта		350/1200	1600/4000	7 966	1 107
Розбавлення місцевими стоками та водою з Дніпра (4а)		350/550	1300/1600	5 386	912

Усі альтернативи окрім A1 потребують додаткового капітального будівництва. Відповідно, реалізація цих опцій потребуватиме кількох років. Альтернатива A1 не передбачає капітального будівництва та може бути реалізована скоріше.

ДМТ не бачить потенціла для утилізації 16 млн. м³ шахтних вод на рік або 4 млн.м³ розсолів на рік в твердих продуктах (розділ 7). Тому ця альтернатива (A3б) розглядається як частина демінералізації (A3а).

Усі розглянуті в цьому дослідженні технічно реалізуємі варіанти забезпечать цільову якість води у річці Інгулець. В альтернативах з відводом шахтних вод до Дніпра або Чорного моря (A2), а також альтернативі з демінералізацією (A3а) якість води може бути далі покращена за рахунок залучення додаткової води на розбавлення. Це дозволить додатково пом'якшити зміни коливання якості води у річці між сезоном зрошення та рештою року, що позитивно скажеться на стані флори та фауни у річці. Експлуатаційні витрати в такому разі збільшаться відповідно.

14 ПРОЕКТНА КОМАНДА

Фахівець

Артем Чайка

Докт. Міхаель Екарт

Ульріх Хоххаймер

Володимир Ведмедь

Докт. Дмитро Рудаков

Докт. Григорій Шматков

Сергій Єрлінеков

Наталя Лубенська

Дмитро Улянов

Роль в проєкті

Проект-менеджер

Фахівець з питань управління потоками та моделювання

Інженер-технолог очищення шахтних вод

Фахівець з питань управління шахтними водами

Спеціаліст з гідрогеологічного моделювання

Еколог

Інженер-гідротехник

Перекладач

Перекладач