

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет

«Дніпровська політехніка»

(інститут)

Природничих наук і технологій

(факультет)

Кафедра Гідрогеології та інженерної геології

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеня магістра

студентки Короткої Владислави Олександрівни

академічної групи 103М-22-1

спеціальності 103 Науки про Землю

за освітньо-професійною програмою «Геологія, гідрогеологія, геофізика»

на тему Гідрогеологічний та гідрологічний режим території Каховського водосховища після руйнування греблі ГЕС та оцінка можливостей місцевого водозабезпечення

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Рудаков Д.В.			
розділів:				
Загальний	Рудаков Д.В.			
Спеціальний	Рудаков Д.В.			

Рецензент	Козій Є.С.			
-----------	------------	--	--	--

Нормоконтролер	Деревягіна Н.І.			
----------------	-----------------	--	--	--

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
Завідувачка кафедри гідрогеології
та інженерної геології,
доктор технічних наук, доцент

Загриценко А. М.

(підпис)

«__» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу ступеня магістра

студентці Короткій Владиславі Олександрівні академічної групи 103м-22-1
спеціальності 103 Науки про Землю

за освітньо-професійною програмою «Геологія, гідрогеологія, геофізика»
на тему Гідрогеологічний та гідрологічний режим території Каховського
водосховища після руйнування греблі ГЕС та оцінка можливостей місцевого
водозабезпечення

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 05.09.2023 р. № 1036-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	<i>Природні та техногенні умови в зоні впливу Каховського водосховища</i>	09.10.2023 – 29.10.2023
Спеціальний	<i>Наслідки руйнування греблі Каховської ГЕС за даними спостережень</i>	29.10.2023 – 15.11.2023
	<i>Водозабезпечення прибережної зони Каховського водосховища</i>	16.11.2023 – 27.11.2023
	<i>Прогнозування змін гідрогеологічного режиму та водозабезпечення після руйнування греблі ГЕС</i>	28.11.2023 – 10.12.2023

Завдання видано

Рудаков Д. В.

(підпис)

Дата видачі 09.10.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії 11.12.2023

Прийнято до виконання

Коротка В. О.

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: сторінок – 72, рисунків – 33, таблиць – 5, джерел – 19.

Об'єкт дослідження – Гідрологічний режим Каховського водосховища та гідрогеологічний режим його прибережних зон.

Предмет дослідження – динаміка водних ресурсів в умовах змін гідрологічного та гідрогеологічного режиму після руйнування греблі Каховської ГЕС.

Мета дослідження – Оцінка змін гідрогеологічного та гідрологічного режиму території Каховського водосховища після руйнування греблі ГЕС та прогнозні розрахунки можливостей для місцевого водозабезпечення.

У першому розділі надано характеристику досліджуваної території а саме природні та техногенні умови в зоні впливу Каховського водосховища, у тому числі клімату, геологічної будови, та гідрологічного та гідрогеологічного режиму.

У другому розділі розглянуто зміни гідрологічного режиму, рельєфу, біосфери, та вплив на водозабезпечення прибережної території після руйнування греблі Каховської ГЕС.

У третьому розділі представлено характеристику типів водозабірних споруд у прибережній зоні та стану водозабезпечення прибережних населених пунктів до руйнування греблі ГЕС.

У четвертому розділі представлено розрахункову схему для оцінки впливу зміни гідродинамічних границь прибережного водозабору та прогнозні оцінки зменшення припливу поверхневих вод та змін якості відкачуваної води.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КАХОВСЬКЕ ВОДОСХОВИЩЕ, ГІДРОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ, ГІДРОГЕОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ, ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, БЕРЕГОВИЙ ВОДОЗАБІР.

Зміст

Вступ.....	5
1. Природні та техногенні умови в зоні впливу Каховського водосховища ..	7
1.1. Клімат і орографія	7
1.2. Геологічна будова.....	10
1.3. Гідрогеологічний режим	11
1.4. Гідротехнічні споруди та гідрологічний режим.....	13
2. Наслідки руйнування греблі Каховської ГЕС за даними спостережень..	20
2.1. Зміна гідрологічного режиму	20
2.2. Зміна рельєфу та біосфери.....	24
2.3. Вплив на водозабезпечення прибережних територій.....	33
3. Водозабезпечення прибережної зони Каховського водосховища.....	38
3.1. Типи водозабірних споруд у прибережній зоні.....	38
3.2. Стан водозабезпечення і використання водних ресурсів до руйнування греблі ГЕС.....	45
4. Прогнозування змін гідрогеологічного режиму та водозабезпечення після руйнування греблі ГЕС.....	51
4.1. Розробка прогновної моделі	51
4.2. Прогнозні оцінки припливу до водозабору при зміні гідрологічного режиму.....	57
Висновки	63
Перелік посилань.....	65
Текстові додатки.....	68
Додаток А. Відзив	68
Додаток Б. Рецензія.....	69
Додаток В. Протокол	70
Додаток Г. <u>М5.1.3.26</u>	71

Вступ

До руйнування греблі ГЕС Каховського водосховища у червні 2023 р. воно відіграло важливу роль в регулюванні стоку р. Дніпро та водозабезпечення населення, промисловості та сільського господарства прибережних регіонів кількох областей країни. Одразу після руйнування греблі ГЕС та зниження рівня води у р. Дніпро загострилась необхідність раціонального використання існуючих ресурсів водозабезпечення, оцінки запасів підземних та поверхневих вод в умовах зміненого гідрологічного та гідрогеологічного режиму.

Актуальність дослідження полягає у визначенні наслідків руйнування греблі ГЕС на гідрогеологічний та гідрологічний стан території Каховського водосховища. Це важливо з огляду на можливі негативні впливи на якість підземних та поверхневих вод, а також на режим річки Дніпро, що може вплинути на екосистему регіону та водозабезпечення місцевих громад.

Додатково, оцінка можливостей місцевого водозабезпечення є важливою в контексті сталого розвитку та забезпечення необхідності водних ресурсів для населення та промисловості в даній території. Результати дослідження можуть служити основою для розробки ефективних стратегій водокористування та збереження водних екосистем.

Отже, метою дослідження є оцінка змін гідрогеологічного та гідрологічного режиму території Каховського водосховища після руйнування греблі ГЕС та прогностичні розрахунки можливостей для місцевого водозабезпечення.

Для досягнення мети в роботі необхідно вирішити такі завдання.

1. Провести аналіз змін гідрологічного режиму, рельєфу, біосфери, та вплив на водозабезпечення прибережної території після руйнування греблі Каховської ГЕС.

2. Дати характеристику типів водозабірних споруд у прибережній зоні та стану водозабезпечення прибережних населених пунктів до руйнування греблі ГЕС.
3. Розробити розрахункову схему для оцінки впливу зміни гідродинамічних границь прибережного водозбору та виконати прогнозні оцінки змін видобутку підземних вод та їх якості.



КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

1. Природні та техногенні умови в зоні впливу Каховського водосховища

1.1. Клімат і орографія

Каховське водосховище, сформоване в нижній течії Дніпра на території густонаселених районів Запорізької, Дніпропетровської та Херсонської областей, представляє собою одну з найбільших штучних водойм України.

Кліматичний характер досліджуваних територій визначається як помірно-континентальний.

Температурний режим проявляє практично лінійну широтну динаміку протягом року. Зимові температури коливаються в межах від $-6,2^{\circ}\text{C}$ до $-4,0^{\circ}\text{C}$, спостерігаючи зменшення з півночі на південь. Літні температури варіюють від $20,5^{\circ}\text{C}$ до $22,0^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум температури областей зафіксовано на рівні 41°C , а абсолютний мінімум складає -38°C .

Довжина безморозкового періоду, або періоду вегетації, в середньому складає 185 днів на рік. Частота переходу температурного режиму через точку замерзання на поверхні ґрунту зафіксована на рівні 10–15 разів щорічно. Атмосферний тиск взимку становить приблизно 1021 гПа, зменшуючись влітку до 1012–1013 гПа. Сонячна радіація змінюється з півночі на південь від 4200 до 4400 МДж/м², радіаційний баланс коливається від 1800 до 1950 МДж/м². Тривалість сонячного сяйва реєструється у проміжку від 2050 до 2150 годин на рік.

Середньорічна сума опадів досягає свого максимуму на північному сході регіону, досягаючи 550 мм, і поступово зменшується в напрямку південно-західу, до рівнів 450-500 мм. Липень відзначається найвищою вологістю, в той час як березень є найсухішим періодом в річному циклі.

Влітку значна частина річних опадів, а саме 80%, припадає на цей період, водночас у взимку опади у формі снігу переважають на сході регіону

порівняно з заходом. Відносна вологість повітря в липні зазнає зменшення у південно-східному напрямку, знижуючись від 66% до 62%, тоді як у січні вона коливається в межах 84-81%. У літній період переважають західні та північно-західні вітри, тоді як взимку активніше дмуть східні та північно-східні вітри. Долинна циркуляція, посилення якої відбувається бризовою циркуляцією на берегах водосховищ, є характерною особливістю для Дніпровської долини.

Серед інших метеорологічних явищ на території спостереження відзначаються тумани, які здебільшого виявляються вище на височинах (50 днів на рік) та в знижених ділянках (до 70 днів). Хуртовини та грози трапляються відповідно протягом 10-20 та до 25-30 днів на рік. Град, у свою чергу, спостерігається протягом 4-5 днів. Також характерною особливістю є посушливі періоди весною та в першій половині літа, підсилені впливом суховіїв – сухих вітрів.

Відповідно до агрокліматичного районування України, регіон, який включає Дніпропетровську, Запорізьку та Херсонську області, належить до посушливої та дуже теплої зони. Такі кліматичні умови сприяють вирощуванню різних культур, зокрема озимої пшениці, ячменю, кукурудзи, проса, рису, зернобобових, цукрових буряків, соняшнику, баштанних культур, овочів, а також розвитку сільського господарства, будівництву промислових об'єктів [1].

Області розташовані в степовій зоні України, де ландшафт переважно має рівнинний характер. На заході території простягається високогірне Придніпровське узвишся з максимальною висотою до 209 м. Південно-східну частину цього узвишся включають в себе відроги Приазовського узвишся, де висота досягає 211 м. Центральна частина зайнята Придніпровською низиною, яка на півдні переходить в Причорноморську.

З північного заходу на південний схід територію областей перетинає велика ріка Дніпро, її басейн включає такі притоки, як Оріль, Самара із Вовчою, Мокра Сура, Базавлук, Інгулець із Саксаганнею та інші. На вивченій

ділянці розташовано приблизно 1,5 тисячі водойм і ставків, загальна площа яких перевищує 26 тисяч гектарів. На південному кордоні Дніпропетровської області до руйнування греблі ГЕС територія омивалась водами Каховського водосховища.

Територія областей визначається рівнинним рельєфом, при цьому спостерігаються виразні відмінності у характері ландшафту між правобережною та лівобережною частинами Дніпра, обумовлені відмінною геологічною структурою. Правобережжя займає Придніпровська височина, характеризується середніми висотами 100–150 метрів над рівнем моря та максимальною висотою в 192 метри в Солонянському районі Дніпропетровської області. Це височинна лісова слабкохвиляста рівнина з розвиненою мережею ярів і балок.

На південному напрямку ця область поступово переходить у пластову денудативно-аккумулятивну слабкорозчленовану Причорноморську низовину, де висоти варіюють від 50 до 75 метрів над рівнем моря.

Лівобережжя Дніпра представлене Придніпровською низовиною, яка є лісовою слабкорозчленованою денудативно-аккумулятивною рівниною. Цю місцевість перетинають низькі долини річок Оріль та Самара. Нижче від Дніпра, низовина набуває більш сильнорозчленованого характеру через залягання порід Українського щита. Найвища точка цієї території розташована на північному сході області та досягає висоти 187 метрів.

Долина Дніпра розташована на абсолютних висотах від 75 до 48 метрів. Найнижчою точкою Дніпропетровщини є позначка 48 метрів, що виявляється в урізі води на межі з Запорізькою областю. Від міста Дніпро вниз по течії Дніпра долина проявляє виразні сліди впливу льодовика, і нижче вона звужується, а крутизна схилів збільшується. Під водами Дніпровського водосховища залишаються затоплені дніпровські пороги.

На даній ділянці поширені різноманітні небезпечні фізикогеографічні процеси. Найбільше поширення отримала водна ерозія ґрунтів, особливо на територіях з пересіченим рельєфом, де проявляється лінійна ерозія. На

Лівобережжі Дніпра переважає площинна ерозія. Широко розповсюджені процеси просідання лесових порід. На височинах спостерігається інтенсивна вітрова ерозія ґрунтів. В долині Дніпра існують зсувонебезпечні ділянки, а в басейні Орелі – території, де існує ризик підтоплення.

Узагальнюючи, територія області, за винятком окремих областей, є сприятливою для різних аспектів господарської діяльності людини [1].

1.2. Геологічна будова

За геологічними умовами територія поділяється на два субрегіони: Український кристалічний щит (65% площі області) та Дніпровсько-Донецька западина (решта 35%).

Український щит охоплює правобережну частину Дніпропетровщини та південний регіон лівобережної частини. Кристалічний фундамент лежить на глибині від 0 до кількох десятків метрів під поверхнею. В цій області присутні такі мегаблоки, як Кіровоградський на заході, Придніпровський в центрі та Приазовський на південному сході. Ці блоки розділені глибинними розломами. Антиклінальні структури щита поділяються на лінійні та куполоподібні з переважним поширенням метасоматичних гранітоїдів, сформованих в умовах амфіболітового і гранулітового регіонального метаморфізму, а також пізньоорогенних мікроклінних гранітів.

Дніпровсько-Донецька западина представлена своїм південним бортом і відділена від щита глибинними розломами. Кристалічні породи тут занурюються на глибину від 100 до 1500 метрів.

Геологічні відклади виявляють виразні особливості в кожній з вказаних тектонічних областей, враховуючи відмінності в геологічній історії розвитку. Український щит покритий тонким шаром осадових порід палеогену – неогену, представлених вапняками, пісками, глинами, алевритами, залізистими кварцитами і т.д. Корінні магматичні породи архею - протерозою

– гнейси, граніти, кварцити, діорити і т.д., виходять на поверхню в річкових долинах.

На схилах щита є більш потужні шари осадових порід, але на поверхню виходять неогенові міоценові та пліоценові відклади – глини, алеврити, піски.

Антропогенні відклади представлені делювіальними суглинками та лесами плейстоценового періоду. У долині Дніпра їх замінюють еоценові олово-делювіальні та елювіальні відклади, а на терасах Дніпра та його приток залягають алювіальні піски плейстоценового віку.

Ця область має низьку сейсмічну активність, при чому сила землетрусів зазвичай не перевищує 2,0 – 2,5 бали. Таким чином, позитивним аспектом геологічної структури є сейсмостійкість тектонічної основи, міцність антропогенних порід та кристалічного фундаменту, а також наявність потенційних родовищ корисних копалин.

У той же час, область містить систему глибинних розломів, що може становити загрозу для техногенної безпеки екологічно небезпечних підприємств. Крім того, вплив магматичних порід призводить до підвищення рівня природного радіаційного фону [1].

1.3. Гідрогеологічний режим

Гідрогеологічні умови описаної території, згідно з геологічною будовою, є складними через нерівномірний літологічний склад відкладеної товщі порід, взаємозв'язок всіх водоносних горизонтів на окремих ділянках та дренажний вплив гідрографічної мережі. На гідрогеологічні умови району впливають діючі кар'єри та їхні дренажні системи, збагачувальні фабрики та пов'язані з ними хвостосховища, втрати з водопровідних комунікацій, а також Каховське водосховище.

У товщі порід, які утворюють цей район, містяться 5 основних водоносних горизонтів:

- 1) четвертинний водоносний горизонт;
- 2) понт – меотичний водоносний горизонт;
- 3) нижньосарматський водоносний горизонт;
- 4) середньоміоценовий водоносний горизонт;
- 5) олігоценовий водоносний горизонт.

Водоносний горизонт четвертинних відкладень міститься в піщаних різницях лесоподібних суглинків, потужністю до 2 м., з коефіцієнтом фільтрації 0.12 - 0.4 м/добу, також у пісках та продуктах руйнування балкового алювію. У лесоподібних відкладеннях води концентруються під щільними червоно-бурими глинами, утворюючи верхівку на різній глибині від поверхні (2.5 - 15.0 м.) Водопроток з балкового алювію в кар'єри незначний. Живлення горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, розвантаження відбувається на схилах балок.

Понт-меотичний водоносний горизонт має повсюдне поширення, крім тих площ, де вапняки розмиті. Горизонт напірно-безнапірний. Загальна потужність змінюється за площею від 0 до 13 м, середня 5-7 м. Вапняки обводнені в основному в нижній частині шару на висоту 0.1 - 3.5 м. Коефіцієнт фільтрації за даними відкачування 2.0 - 4.8 м/добу. Живлення водоносного горизонту здійснюється на водороздільних площах ділянки, звідки потоки підземних вод направлені до балок та Каховського водосховища.

Нижньосарматський водоносний горизонт приурочений до відкладень дрібнозернистих пісків. Потужність пісків становить від 2.3 - 10 м., переважає 2 - 3 м. Водоносні піски нижнього сармата відокремлені від рудного пласта глинами потужністю від 1.5 - 19 м. Абсолютні позначки підосви водоносного горизонту загалом площею дорівнюють (5-10) м, тобто, вони менші від середньої позначки рівня води в Каховському водосховищі (+16) м. Абсолютні позначки покрівлі також практично на всій площі менші за відмітку водосховища. Водопитоки нижньосарматського горизонту коливаються не більше від 2.8 - 25.9 м³/год. Величина напору досягає 25 м.

Коефіцієнт фільтрації за даними лабораторних визначень дорівнює 0.01 - 25.1 м/сут. Водовіддача пісків у середньому 0.185. Води нижньосарматського водоносного горизонту сульфато-хлоридно-натрієвого складу з величиною сухого залишку до 6 г/л. Живлення водоносного горизонту відбувається на водороздільній зоні, звідки підземні води частково розвантажуються до Каховського водосховища. Абсолютні позначки рівнів 100 м від урізу водосховища становлять +17 м.

Місцями, безпосередньо в покрівлі пласта, залягають лінзи водонасичених пісків верхньонікопольського та середньоміоценового віку.

Величина напору середньоміоценового горизонту сягає 2.3 м. Коефіцієнт фільтрації загалом 0.37 м/сут., величина водовіддачі загалом становить 0.13 - 0.17 частках одиниці. Водоносний горизонт мезотичного ярусу поширений у пісках. Потужність пісків змінюється від 3 до 2.5 м. Найчастіше становить 2 - 3 м., водовіддача в середньому 0.182.

Олігоценний водоносний горизонт поширений на всій площі і приурочений головним чином до лінз дрібнозернистих пісків, що залягають на окремих ділянках у покрівлі рудного пласта, рудному пласту та підрудним піскам дрібно та тонкозернистим. Розмір напору змінюється від 7 - 8 до 30 м. Водопритоки горизонту змінюються у межах від 17.3 м³/час - 93.0 м³/час. Коефіцієнт фільтрації за даними дослідних відкачування змінюється в межах 0.13 - 1.37 м/добу, в середньому 0.34 м/добу [17].

1.4. Гідротехнічні споруди та гідрологічний режим

Каховське водосховище було частиною каскаду ГЕС на Дніпрі (рис.1.1), що створювався у період 1927–1975 рр.

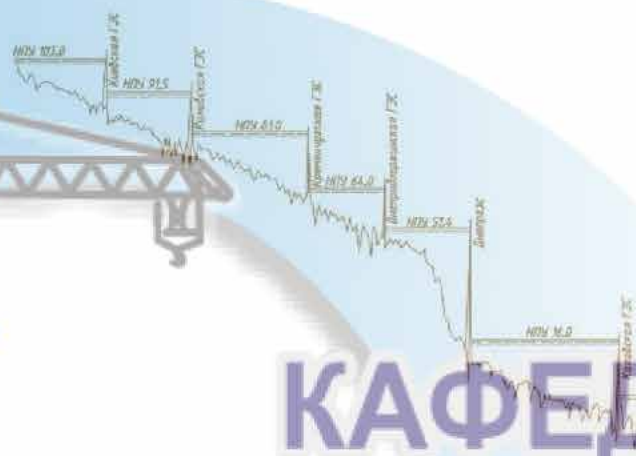


Рисунок 1.1 – а) Каскад Дніпровських ГЕС та водосховищ[15]. б) Дніпровський каскад ГЕС (поздовжній профіль)[16].

Каховське водосховище сформоване в нижній течії Дніпра на території густонаселених районів Запорізької, Дніпропетровської та Херсонської областей, представляє собою одну з найбільших штучних водойм України:

- Об'єм водойми: 18,2 км³;
- Площа поверхні: 2155 км²;
- Корисний об'єм: 6,8 млрд.м³;
- Довжина: 220 км;
- Максимальна ширина: 24 км;
- Найбільша глибина: 24 м;
- Середня глибина – 8,5 м.

Каховське водосховище є частиною гідровузла Каховської ГЕС, яка є другою за хронологічним порядком після Запорізької. Запорізька ГЕС була зведена в 1932-1933 роках (відроджена після війни в 1947-1950 р.р.), а Каховська введена в експлуатацію 8 липня 1958 року з встановленою потужністю 351 тис.кВт.



Рисунок 1.2 – Фото Каховського водосховища до руйнування греблі ГЕС.

Наповнення Каховського водосховища розпочалося після розбирання перемички Каховської ГЕС у червні 1955 року. В травні-червні 1956 року водосховище досягло позначки 15,00 м, що на 1 м нижче нормального підпертого рівня.

Роль Каховського водосховища як регулятора стоку в каскаді Дніпровських водосховищ розглядається як друга за важливістю, слідом за Кременчуцьким. Режим роботи водосховища розробляється з урахуванням умов верхніх водосховищ та виконує функції компенсатора стоку. Його завдання включає відповідь на потреби енергосистем, сільського та рибного господарств, водного транспорту і санітарних вимог нижньої б'єф Каховської ГЕС.

Щоб запобігти засоленню води в нижньому б'єфі Каховської ГЕС, розташованому за 91 км від гирла ріки, встановлені мінімальні середньодобові витрати води не менше 500 м³/с. До Каховського водосховища впадають річки, такі як Кінська, Томаківка, Білозірка, Базавлук,

Кам'янка і інші, призводячи до значного підняття рівня води у деяких з них, наприклад, Томаківці та Базавлуці.

З метою зменшення витрат на відселення та захисту територій від затоплення, було введено чотири захищені масиви. Загальна площа цих територій складає 16 тис. га, включаючи захист 32 км² території Нікопольського марганцевого родовища.

На Каховському водосховищі розташовані захисні дамби, насосні станції, берегові вертикальні дренажі та регулюючі водосховища з греблями. У 1957 році створено "Нікопольське управління захисних споруд на Каховському водосховищі", яке згодом перейменовано в "Нікопольське регіональне управління водних ресурсів". Воно взаємодіє з іншими учасниками водогосподарського комплексу в басейні Дніпра, забезпечуючи експлуатацію і ремонт захисних споруд та вирішуючи завдання протиповеневого захисту і екологічного оздоровлення.

На балансі управління є комплекс захисних споруд, включаючи 34 км дамб висотою від 9 м до 24 м, 4 насосні станції з потужністю 62 м³/с, 46 км відкритого дренажу, 15 км протифільтраційних завіс, 310 свердловин на воду, 59 км берегоукріплень та інші об'єкти. Загальна балансова вартість цього комплексу складає 196 млн.грн. Для забезпечення надійності захисних споруд проводились реконструкції насосних станцій, будівництво нової компресорної станції та інші заходи.

Довжина берегів Каховського водосховища становить 800 км, із них 202,7 км закріплено, а 357,6 км піддається розмиву. Розмив берегів за останні 10 років склав близько 0,5 м на рік, загальна втрата земель - 2805 га. Збитки від розмиву зменшуються за допомогою піщаних примив, відсипки бунтів та біологічного кріплення.

Протягом півстоліття існування водосховища на його берегах виникли природні лісові масиви, які захищають берег від руйнування. Прибережна захисна смуга в межах Запорізької, Дніпропетровської та Херсонської областей становить 16 тис.га. Каховське водосховище є важливою частиною

судноплавного шляху на Дніпрі, що веде до Чорного моря. На водосховищі розташовані порти в Запоріжжі, Нікополі, Кам'янці-Дніпровській та Новій Каховці. Тут також розміщені човнові станції та водно-спортивні комплекси в містах Енергодар, Нікополь, Каховка та Запоріжжя.

Формування водосховища сприяло розвитку зрошувального землеробства на посушливих територіях Запорізької, Дніпропетровської та Херсонської областей. Зведені різноманітні зрошувальні системи, такі як «Кам'янський Под», Північно-Рогачинська, Вільнянська та інші, що сприяють підвищенню сільськогосподарської продуктивності та розвитку територій.

В Запорізькій області маємо 249,2 тис.га зрошуваних земель, а в Херсонській — 430,8 тис.га. У серпні 1963 року роботи на трасі Північно-Кримського каналу дійшли до Перекопу, а вже в жовтні води Каховського водосховища потекли до Криму. У 1976 році Дніпровська вода потрапила до міста-героя Керч.

Водосховище широко використовується для комунального, промислового та сільськогосподарського водозабезпечення. З нього забирається до 194 млн. м³ води для господарчо-питних потреб. Найбільші водозабори питної води розташовані в Нікополі, Марганці та Орджонікідзе. Запаси води для зрошення забезпечують Північно-Кримський канал, Каховська головна насосна станція Каховської зрошувальної системи та інші. Крим використовує близько 10370 тис. м³/добу Дніпровської води. Виробництво електроенергії ГЕС Дніпровського каскаду складає 10 млрд.квт/год, включаючи Каховську ГЕС з виробітком 1,45 млрд.квт/год.

В Дніпропетровській області основні водозабори на Каховському водосховищі - канал Дніпро-Кривий Ріг, насосні станції зрошувальних систем та груповий Софіївський водопровід. Рибного господарства багато, а вилов риби становить 2,2 тис.т на рік. Середньорічний вилов різних видів риби у 2003 році - 536 т карася, 365 т плітки, 253 т ляща, 139 т товстолобика.

Штучне відтворення водних ресурсів проводиться рибоводними організаціями.

Нікопольське РУВР веде контроль за використанням водних та земельних ресурсів Каховського водосховища, розглядає справи про порушення та приймає рішення. За останні три роки перевірено 350 господарських об'єктів в прибережній захисній смузі, виявлено 280 фактів засмічення та притягнуто до відповідальності 13 осіб. У складі Нікопольського РУВР працює 257 чоловік [2].

Дніпропетровська область повністю розташована в межах басейну Дніпра. Середня густота річкової мережі складає 0,27 км/км², при цьому забезпеченість водними ресурсами становить 460 тис. м³ на км² площі. Однак ресурси місцевого стоку обмежуються лише 20 тис. м³/км².

Довжина Дніпра в межах області складає 240 км. Річка має дві відокремлені ділянки течії, розділені територією Запорізької області. Її течія пролягає по асиметричній долині із спадастим правим бортом та пологим лівим. Стік Дніпра характеризується транзитністю: середній багаторічний стік на вході в область складає 1690 м³/с, а на виході – 1730 м³/с. Режим річки контролюється каскадом Дніпровських водосховищ, три з яких розташовані в межах Дніпропетровської області – південна частина Кам'янського, північна частина Дніпровського та вихід до Каховського водосховища. Між містами Кам'янським та Дніпром збереглася невелика 25-кілометрова ділянка природного русла Дніпра.

Води Дніпра широко використовуються для задоволення потреб населення, зокрема для забезпечення водою міст Дніпра, Кам'янського, Новомосковська та для ірригації сільськогосподарських земель у Кривому Розі через канал Дніпро-Кривий Ріг. Також вода використовується в промисловості, зокрема в чорній металургії, електроенергетиці, хімічній та нафтохімічній галузях. На північному сході області дніпровські води перенаправляються до Сіверського Дінця за допомогою Дніпро-Донбаського каналу.

У межах регіону Дніпро приймає численні, хоча й невеликі притоки. Серед правих притоків можна виокремити Томаківку, Солону, Базавлук, Кам'янку, та ліві – Оріль і Самара. З них лише Самара має суттєве водогосподарське значення. Загальна довжина річки становить 320 км, а витрати води у гирлі складають 25 м³/с. Дніпро приймає значущі притоки від Самари, такі як Тернівка та Вовча. При впадінні у Дніпро в міській зоні Дніпропетровська, Самара формує широкий естуарій-озеро.

Вода Самари використовується для задоволення потреб сходу області, включаючи міста Новомосковськ, Павлоград, Тернівку та Петропавлівку.

Річки Дніпропетровської області відрізняються високим рівнем забруднення. Води Дніпра та Самари мають високий вміст (з перевищенням ГДК) сульфатів, сульфідів, окисів заліза та важких металів через інтенсивні промислові скиди. Малі річки регіону зазнають більшого забруднення від сільськогосподарських стоків, що призводить до підвищення концентрації іонів амонію та нітратів.

Область належить до регіонів з водозабезпеченням, проте цей стан забезпечується переважно за рахунок транзитного потоку води з Дніпра. Локальних водних ресурсів вистачає недостатньо. Таким чином, в майбутньому можливий вододефіцит в області, оскільки можливості збільшення водоспоживання практично вичерпані. Збільшення обсягів забору води з Дніпра також становить загрозу екологічному стану річки і функціонуванню господарського комплексу нижче за течією.

Більшість території Дніпропетровської області розташована в межах гідрогеологічної провінції Українського щита, а північний схід – в межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Таким чином, видобуток підземних вод обмежений. Проте є перспективи виявлення нових запасів підземних вод у розломах Українського щита, які можуть бути використані, насамперед, для задоволення потреб населення в воді [1].

2. Наслідки руйнування греблі Каховської ГЕС за даними спостережень

2.1. Зміна гідрологічного режиму

Науковці Українського гідрометеорологічного інституту проаналізували спектрозональні знімки території Каховського водосховища, надані Європейським космічним агентством за допомогою супутника Sentinel-2A. Окрім високої роздільної здатності, ці знімки дозволяють точно визначати області, які затоплені водою, від суходолу з великою точністю (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Спектрозональний знімок із супутника Sentinel-2A з виділеним каналом води (HDWI)

На цьому знімку можна виявити численні невеликі водойми площею близько 0,1 км². Їх слід виключити при обчисленні залишкової площі водосховища, оскільки вони не мають зв'язку з іншими водоймами і руслом річки Дніпро та його притоками і швидко висохнуть.

Зате існують більші водойми, які з'єднані з основним руслом або притоками. Вони свідчать про більш глибокі ділянки водосховища. Це можна підтвердити, додавши шар ізобат. На рисунку 2.2 показано північно-західну частину Каховського водосховища з відзначеними ізобатами. Підписи над ізобатами вказують на глибину відносно поверхні Каховського водосховища до часу розробки гідрозйомки.

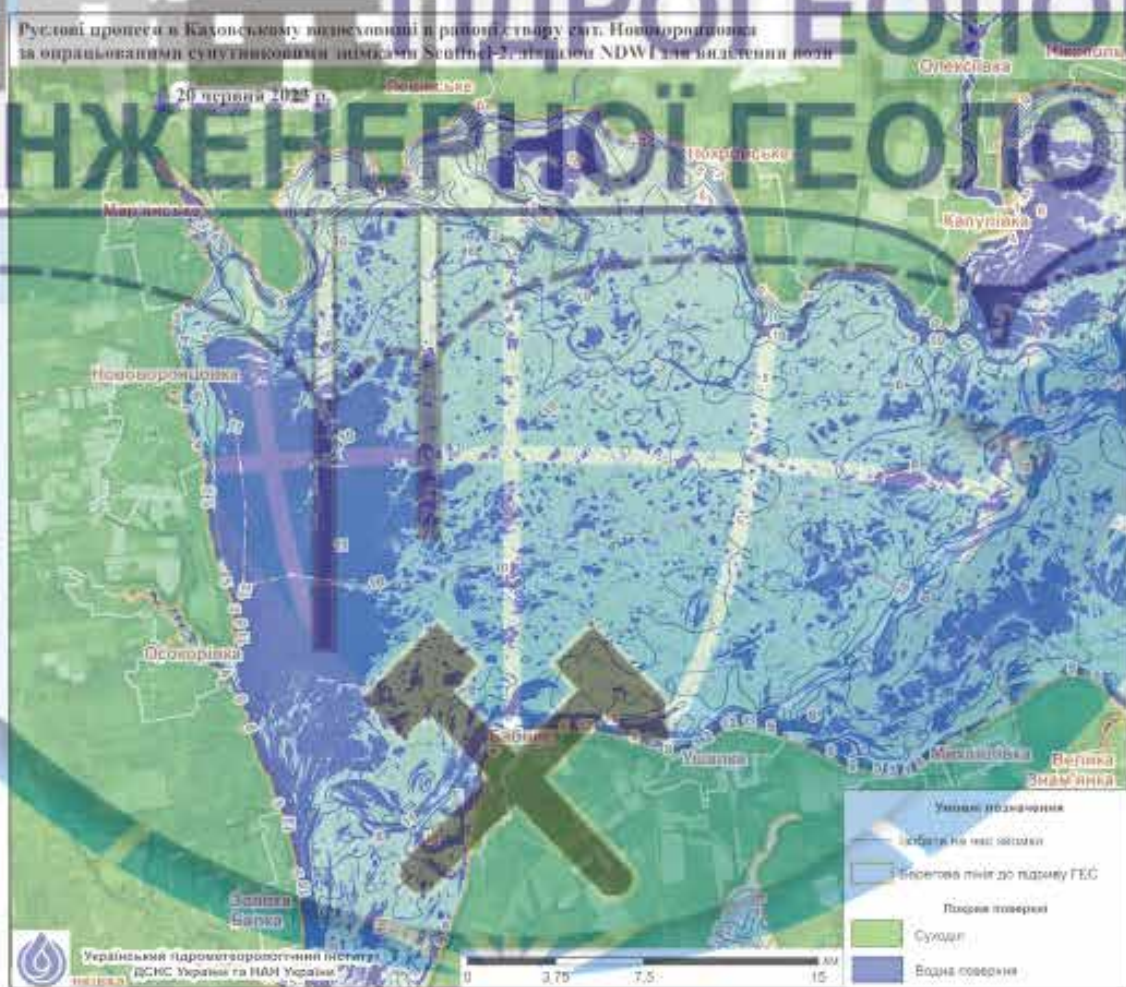


Рисунок 2.2 – Північно-західна ділянка залишків Каховського водосховища

Видно, що границя між суходолом і водною поверхнею приблизно співпадає з ізобатою на глибині 10 метрів, що свідчить про відсутність води на глибині 10 метрів у Каховському водосховищі. Одночасно на цьому ж малюнку відображені інші ізобати, що відповідають глибині 11 або 12 метрів. Здається, що ці залишкові водойми мають невелику глибину, тому в них мало води, і вони можуть швидко висохнути. Наприклад, на рисунку 2.2 є ізобата глибиною 15 метрів, але вона розташована біля лівого берега водосховища і відповідає руслу Дніпра.

Також русло видно на знімку з космосу Sentinel-2A, зробленому у видимому спектрі (рисунок 2.3). Важливо відзначити, що значна частина площі водосховища має світло-коричневий колір, що характерно для сухої поверхні. Таким чином, велика частина водосховища не лише втратила воду, але й фактично висохла.

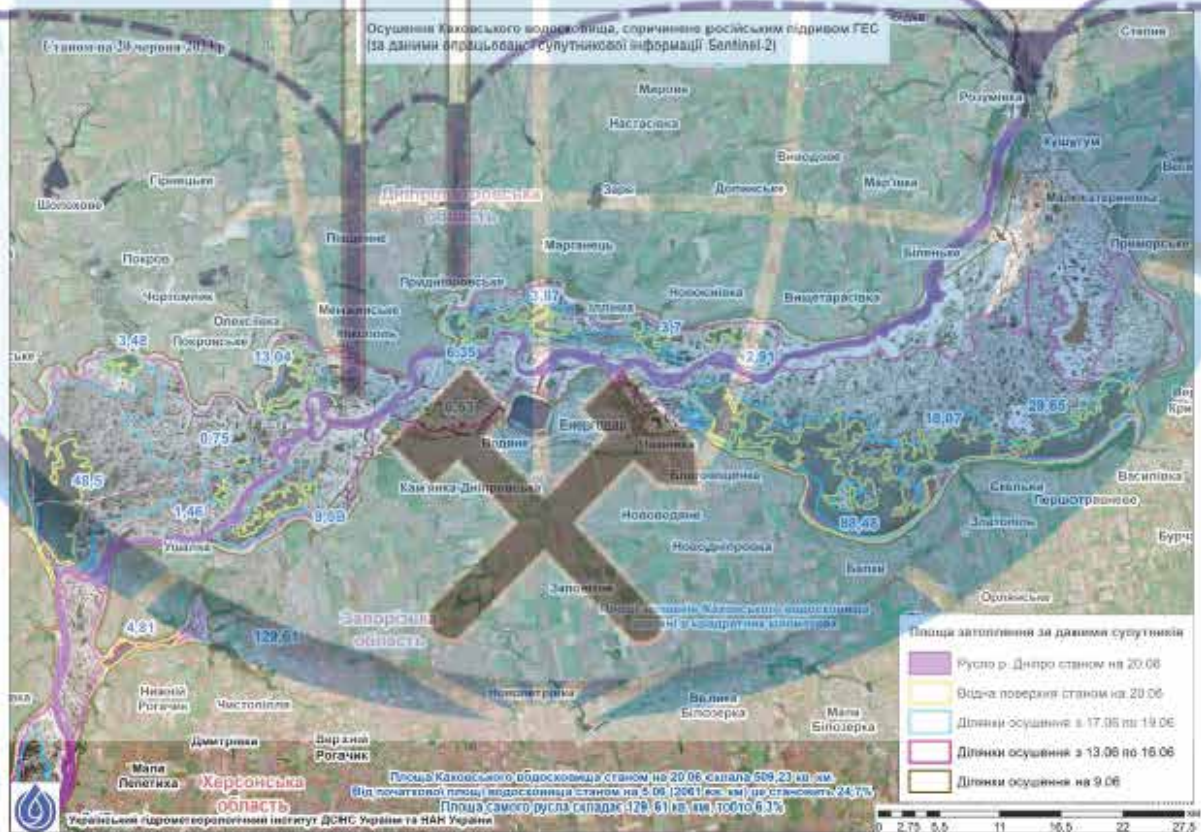


Рисунок 2.3 – Знімок із супутника Sentinel-2A в оптичному діапазоні

Якщо розглядати лише великі водойми та ті з них, що з'єднані з річковим руслом, можна обчислити їхню площу. Ця інформація представлена на всіх малюнках для кращого розуміння. Загалом, об'єднана площа водної поверхні Каховського водосховища на 20 червня становить 509,23 км². Це менше, ніж аналогічні дані трьох днів тому, коли площа складала 655 км² до 17 червня. Отже, протягом трьох днів площа водосховища зменшилася на ще 22%. Тепер водою покрито лише 24% його площі в порівнянні з початковим рівнем станом на 5 червня.

Зазначається, що станом на 20 червня на річкове русло Дніпра припадає 129 км² площі водосховища.

Інформація про етапи висихання Каховського водосховища подана на рисунку 2.4.

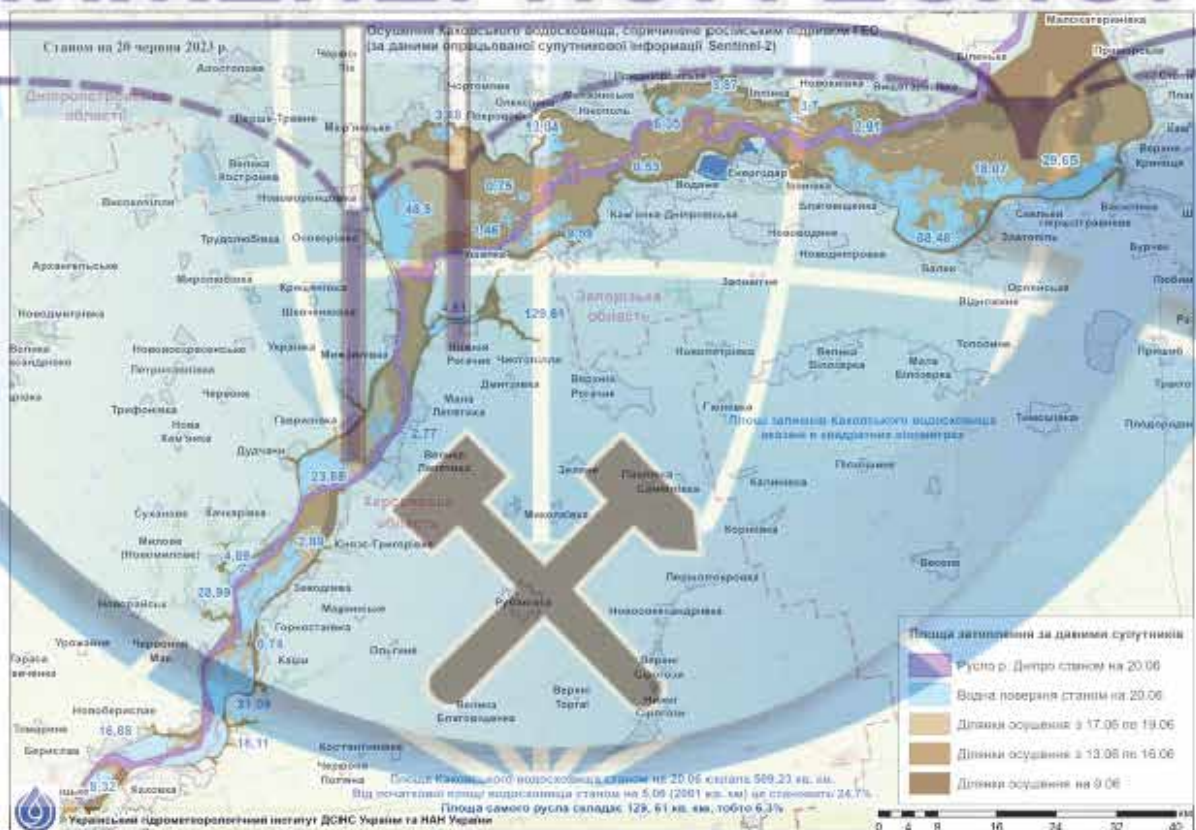


Рисунок 2.4 – Стадії осушення Каховського водосховища

Отже, наразі ми можемо спостерігати процес формування, або, точніше, відновлення русла річки Дніпро. Таким чином, протягом сухого періоду року більша частина водосховища висихатиме, а під час вологого періоду наповнюватиметься водою.

Це число — 6% площі водосховища, яка зайнята руслом — вказує на залишкові його характеристики. У кінцевому підсумку саме руслові процеси — формування чіткого русла, відділення від нього і висихання залишкових водойм — визначатимуть деградацію водосховища. І по суті, залишається не "площа водосховища", а площа русла.

За інформацією Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України [3].

2.2. Зміна рельєфу та біосфери

На території Каховського водосховища яка постраждала від екологічної катастрофи, існує 38 рідкісних типів середовищ існування (охороняються Бернською конвенцією), які були виявлені та охороняються як частина Смарагдової мережі Європи. Вище греблі Каховської ГЕС усихання зазнає щонайменше 11 заповідних територій загальною площею понад 250 тис. га.

Бентосне [донне] середовище існування у водосховищі та річці нижче за течією є основою водосховища та річкового харчового ланцюга з широким спектром молюсків, мідій, червів та інших представників флори та фауни, які мешкають у мулистих придонних шарах. Цю харчову базу у водосховищі площею 2000 квадратних кілометрів здебільшого знищено. У водосховищі мешкали щонайменше 43 види риби, 20 із яких мають промислове значення.

Весна і літо є зазвичай періодом нересту риби, гніздування птахів, а також місць годівлі та відпочинку великих зграй перелітних водоплавних птахів. Кілька життєвих циклів незліченної кількості видів залежать від гирла

річки Дніпро. Екосистеми річок і водосховищ будуть радикально змінені та виснажені.

Україна знаходиться в центрі важливого шляху перелітних птахів, що тягнеться від Центральної Азії до Близького Сходу. Масштаби переміщення птахів вражають: понад 2 мільярди птахів, 2,5 мільйони качок та два мільйони хижих птахів мігрують із місць розмноження в Європі, Сибіру та Центральній Азії на зимівлю до тропічної Африки. Війна порушила цей маршрут для багатьох мігруючих видів, які гніздяться, відпочивають і годуються на сільськогосподарських полях, зрошувальних каналах, болотах, річках та озерах України. Тривалий конфлікт у поєднанні з катастрофою на греблі Каховської ГЕС загрожує не лише різноманіттю популяцій птахів в Україні, а й біорізноманіттю в цілому, зокрема значній кількості рідкісних та глобально вразливих видів птахів.

Серйозно деградували та дуже забруднені низка вельми важливих середовищ існування в гирлі річки Дніпро, які охороняються відповідно до Рамсарської конвенції про водно-болотні угіддя міжнародного значення — включно з Чорноморським біосферним заповідником (біосферним заповідником ЮНЕСКО), регіональним ландшафтним парком «Кінбурнська коса»; та численними меншими об'єктами.

Величезний обсяг прісної води безперечно порушив баланс між солонуватою водою Дніпровського лиману та узмор'я й водами Чорного моря, значно розбавивши поверхневі води, солоність яких у нормальному стані 15 проміле (для порівняння, в океанській воді 35 проміле).

У басейн річки Дніпро потрапило багато шкідливих речовин, зокрема, мастило, яке вилилося внаслідок руйнування Каховської ГЕС, та небезпечні хімічні речовини з підприємств, які були розташовані на березі річки. Також у воду потрапили небезпечні біологічні речовини з вигрібних ям приватних садиб, які не мали централізованої каналізації. Вода з водосховища понесла з собою сільськогосподарські добрива та пестициди, що створить гіпоксичну мертву зону. Це ще більше подовжить період несприятливих екологічних

умов для флори та фауни прибережної частини Чорного моря, зокрема для мігруючих видів риб та птахів, які залежать від дніпровських боліт як місць відпочинку та годування.

Додатковою потенційною проблемою є те, що радіонукліди від аварії на Чорнобильській АЕС, які були поховані в шарах донних відкладень Каховського водосховища протягом останніх 3 десятиліть, вода вимила, перемішала та віднесла вниз за течією, й вони повторно відклалися в естуарних болотах. Є переконливі докази того, що водні рослини поглинають ці радіонукліди, і їхня концентрація збільшується по мірі того, як вони проходять вгору харчовим ланцюгом через процес, який називається біомагніфікацією [4].

Академік Яків Дідух, вчений НАН України та доктор біологічних наук, повернувся з наукової експедиції, де вивчав процеси, що відбуваються на дні Каховського водосховища після його висихання. Він розповів про переважаючі рослини на дні колишнього водосховища та зміни в ґрунтах.



Рисунок 2.5 – Фото Каховського водосховища після руйнування греблі ГЕС.

Характер заплави Дніпра хвилеподібний, з розрізненими струмками, водозборами та заростанням різних видів рослинності, залежно від вологості та структури ґрунту. Теоретично можливе формування п'яти біотопів: водяних, пляжів та дюн, прибережно-болотних, лучно-степових та чагарниково-лісових.

Водяні біотопи, такі як стариці та притоки Дніпра, можуть зменшитися у розмірах з часом і стати предметом евтрофікації та замулення зі стабілізацією та осушенням. Вони важливі як регулятори водостоку та місця, де мешкають різні види риб, птахів та звірів, а також ростуть рідкісні рослини.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

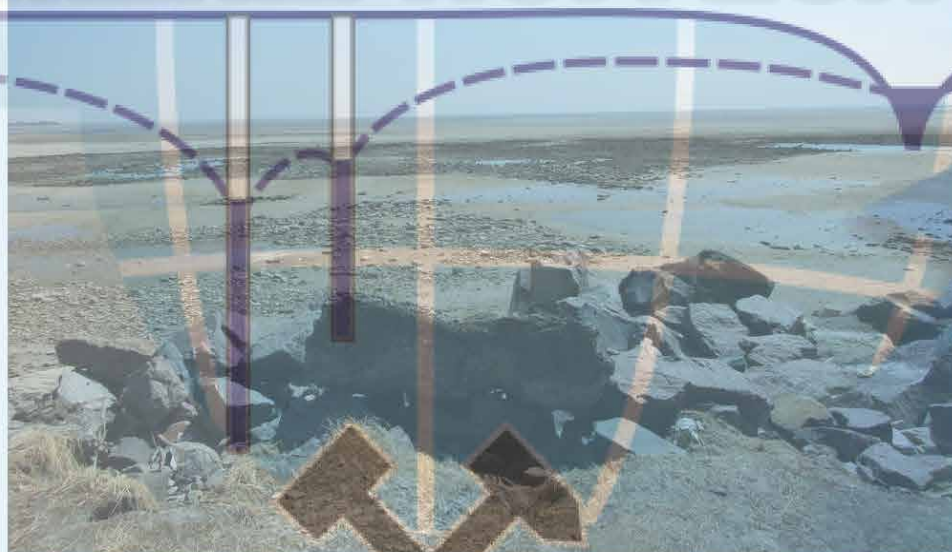


Рисунок 2.6 – Фото Каховського водосховища після руйнування греблі ГЕС.

Пляжі та дюни, що складаються з різних відкладів, можуть мати високу естетичну цінність, але надають обмежені екосистемні послуги. Вони можуть

бути джерелом пилових бур, ерозійних процесів і зменшити свою площу з часом.

Прибережно-болотні угруповання грають важливу роль у ґрунотворенні та захисті берегів від ерозії. Хоча вони не будуть займати великі площі, вони формуються вздовж водотоків та в розлогих депресіях рельєфу.

Лучно-степові біотопи, які колись були характерними для заплави Дніпра, важко відновити через велику площу мулів та труднощі з переміщенням тварин. Проте локальне формування лучних і, можливо, степових ділянок можливе на сухих піщаних відкладах чи схилах річкових берегів під час висихання заплави.

Чагарниково-лісові угруповання можуть займати найбільші площі на відновленій заплаві Дніпра, оскільки вони швидко відновлюються та виконують важливі екосистемні функції, такі як накопичення біомаси та фіксація вуглецю.



Рисунок 2.7 – Фото Каховського водосховища після руйнування греблі ГЕС.

Масштаб та темпи створення різновидів груп різняться, але сутність оцінки в тому, що заплава Дніпра повинна включати різноманіття біотопів.

Оскільки ця територія перебуває під впливом бойових дій або має опосередкований їхній вплив, вона не є доступною для проведення відповідних наукових досліджень та технічних заходів. Проте природа не чекає, і процеси вже розпочалися. Науковці оглянули та побіжно дослідили лише територію правого берега колишнього Каховського водосховища. Та виявили, що після осушення на величезних площах утворюються плити, розділені тріщинами. Ці ґрунти, відомі як "такири", характерні для напівпустельних та пустельних зон. Однак тут йдеться не тільки про тип ґрунту, але й про процес такиризації, який можна розглядати як опустелювання.



Рисунок 2.8 – Ґрунти «такири»

Цей процес фрагментарно проявляється всюди в плескатих улоговинах, де після сезонних дощів виникають неглибокі озера; висихання тонкого шару води оголює в'язке мулисте дно, поверхневий шар якого зменшується в об'ємі, утворюючи кірку, розділену тріщинами на окремі багатокутні плити різних форм і розмірів. Ці плити змінюються відповідно до фізичних процесів. Тріщини у таких ґрунтах мають середню глибину близько 25 см. Площа плит залежить від складу донних відкладень, ступеня засоленості, режиму висихання тощо. Типові такири формуються, коли горизонт ґрунтових вод знаходиться понад 1,5 м, і в таких умовах солі переміщуються в ґрунтові води і потім повертаються назад по капілярах. У сухому стані такирні ґрунти мають високу міцність, і в сухий період ними може рухатися автотранспорт. Однак у вологому стані вони стають високопластичними, в'язкими і непрохідними.

Через місяць після руйнування греблі вже з'явилися сходи рослин. На черепашкових відкладах ростуть однорічні портулаки та якірці, які утворюють горизонтальні пагони, покриваючи поверхню ґрунту і захищаючи від вивітрювання та ерозії. На піщаних відкладах переважає злак плоскуха звичайна, а також гірчак почечуєвидний, шириця загнута, череда листяна, нетреба ельбінська, амброзія полинолиста та лобода. Деякі з цих видів поширюються і на мулистих субстратах, де формується такирна структура. Також на такирах виростають проростки дерев та кущів: різні верби, клен американський. Біля густих заростей на берегах зустрічаються ясен пенсільванський (його сходи), робінія псевдоакація, гледичія колюча та інші. На "старих" берегах водосховища часто зустрічається аморфа кущова, яка утворюватиме чагарниковий ярус.



Рисунок 2.9 – Фото Каховського водосховища після руйнування греблі ГЕС.

З течією часу, при рості рослинного покриву, процес такиризації буде послаблюватися, а структура прийматиме характеристики типових алловіальних (наносних) ґрунтів на заплавах.

Отже, заголовки типу "дно водосховища перетворюється на пустелю", які часто зустрічаються у ЗМІ, є некоректними та необдуманими. Науковці виявили три початкові (піонерні) етапи розвитку рослинності, залежно від типу субстрату. За наведеним списком видно, що більшість цих видів є адвентивними (чужорідними), стійкими та здатними до активного поширення (інвазивними). Ймовіріше, на даній території сформуються угруповання з домінуванням клена американського, робінії, аморфи кущової тощо. Наступним етапом формування квазіприродних угруповань буде заплавної вербняк та осокорники галерейного типу. Хоча цінність та запаси деревини тут низькі порівняно з природними зональними лісами, але забезпечення екосистемних послуг залишається неоспоримим, тому їх формування та

підтримка є доцільними. В умовах недостатньої вологості можливе створення чагарникових угруповань із свидини, глоду, шипшини, бирючини звичайної, вишні магалєбки, скумпії, включаючи адвентивні види аморфи та ясена пенсильванського. На смузї навколо оголеного дна фіксуються участки густого трав'яного покриву осокових та ситникових рослин. На жаль, ці ділянки не надають достатньо насіння для природного відновлення чи створення насінневої бази для штучного відновлення.



Рисунок 2.10 – Фото Каховського водосховища після руйнування греблі ГЕС.

Найоптимальніший сценарій - це природний процес розвитку екосистем, але ми можемо й повинні регулювати та впливати на нього з метою отримання найкращого кінцевого результату. [5]

2.3. Вплив на водозабезпечення прибережних територій

З Каховського водосховища забирали воду чотири потужні системи каналів: Північно-Кримський канал, Каховський магістральний канал, канал Дніпро – Кривий Ріг і Північно-Рогачицька зрошувальна система. Вони розносили воду в Херсонську, Запорізьку та Дніпропетровську області, а також у Крим.



Рисунок 2.11 – Супутниковий знімок території Каховського водосховища з відмітками чотирьох систем каналів: Північно-Кримський канал, Каховський магістральний канал, канал Дніпро – Кривий Ріг і Північно-Рогачицька зрошувальна система.

Північно-Кримський канал до 2014 року забезпечував 80-85% усіх потреб півострова у прісній воді. Кримський канал починався з Каховського водосховища на Дніпрі й тік Херсонщиною самопливом, а вже в Криму воду качали помпові станції.

Канал Дніпро – Кривий Ріг. Довжиною лише 41 км. За допомогою помпових станцій вода долала підйом 80 м і надходила до штучного Південного водосховища неподалік Кривого Рогу. Канал забезпечував 70% потреб міста у воді.

Каховський магістральний канал. Штучний 130-кілометровий канал, споруджений для зрошування сільськогосподарських угідь і водопостачання сільських населених пунктів Херсонської та Запорізької областей. Живив одну з найбільших зрошувальних систем України. Воду в канал подавала помпова станція на висоту 24,3 м. Від листопада 2022 року внаслідок руйнувань від обстрілів приміщення станції виявилися затопленими. Тому можна припустити, що на момент зруйнування Каховської ГЕС канал уже майже не функціонував або функціонував лише частково.

Північно-Рогачицька зрошувальна система. Це невелика зрошувальна система на півночі Запорізької області розташована у Кам'янсько-Дніпровському, Михайлівському, Веселівському, Мелітопольському та Токмацькому районах. Загальна площа системи – 164 тис. га. Довжина магістрального каналу – 28,1 км. Наразі, судячи зі супутникових знімків, система функціонує частково.

70% своїх потреб щодо води Кривий Ріг отримував з Південного водосховища, яке водночас каналом наповнювалося з Каховського водосховища.

У Нікополі після певного періоду відсутності води вона з'явилася в трубах, але каламутного кольору. Є інформація, що міська влада оперативно добудувала водопровід, щоб він діставав до річища Дніпра.

Було припинено роботу водоканалів у Покрові й Марганці. Перший період часу у ці міста підвозили воду залізничним та автомобільним транспортом [6].

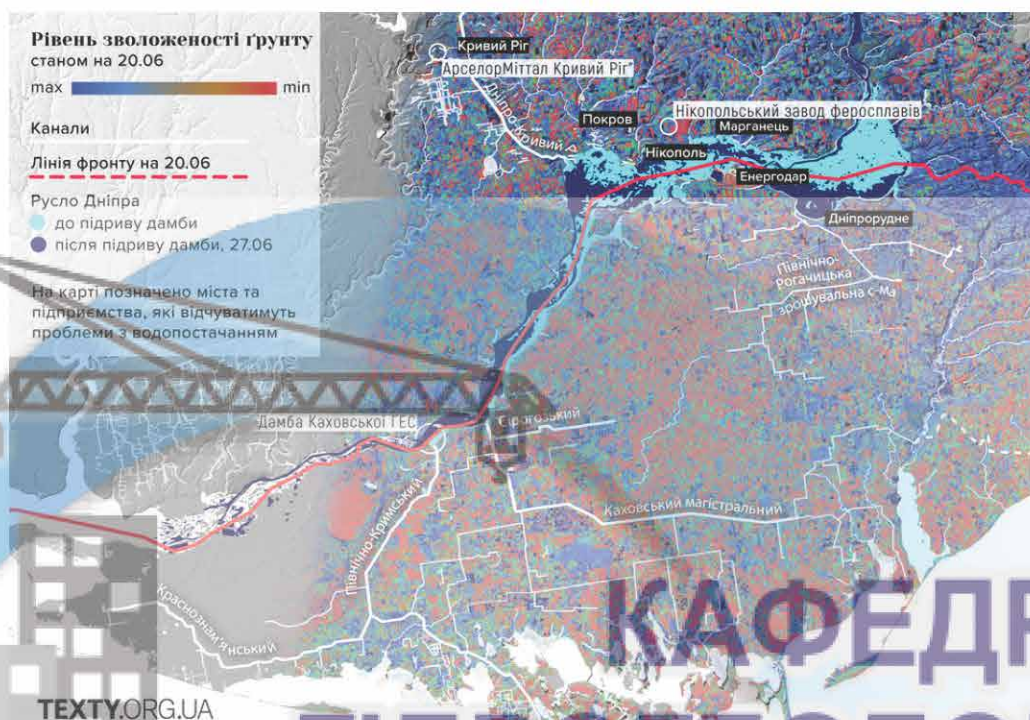


Рисунок 2.12 – Знімок рівня зволоженості ґрунту станом на 20.06.

Для вирішення проблеми з водопостачанням у міста, був запроваджений проєкт Агентства відновлення. Будівництво магістрального водогону є найбільш масштабним проєктом. Водогін загальною протяжністю 145 км складається із 3 ділянок. Новий водопровід має критично важливе значення щонайменше для 1,5 млн мешканців Нікополя, Марганця, Кривого Рогу, Томаківки, Мар'янського і Покрову та прилеглих населених пунктів, у яких виникли проблеми з водопостачанням.

БУДІВНИЦТВО МАГІСТРАЛЬНИХ ВОДОГОНІВ

У зв'язку з руйнуванням росінами Об червня Каховської ГЕС, рівень води у Каховському водосховищі стрімко знижується. Агентство відновлення будує магістральний водогін протяжністю 145 км щоб забезпечити якісною питною водою жителів Нікополя, Марганця, Кривого Рогу, Томаківки, Мар'їнського і Покрову та інших прилеглих населених пунктів.

 **Агентство
Відновлення**

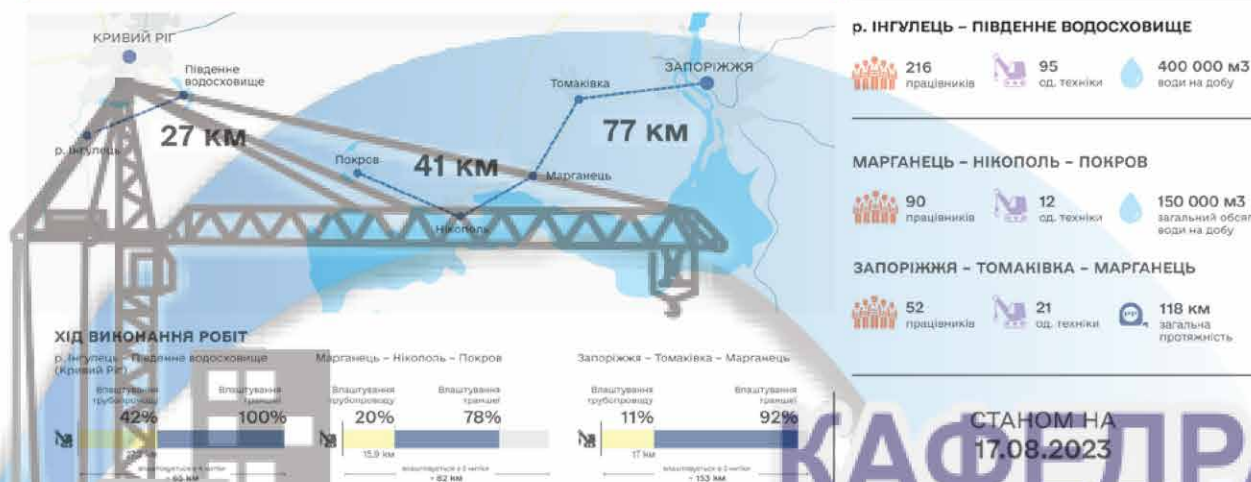


Рисунок 2.13 – Карта будівництва магістральних водогонів після руйнування греблі ГЕС.

Інгулець – Південне водосховище (Кривий Ріг). На кожній зі станцій працюватиме 6 насосів – 4 основних, один резервний та аварійний.

Марганець – Нікополь – Покров. В нього входить 40,9 км нового трубопроводу у 2 нитки, облаштовано 2 проміжні насосні станції по трасі.

Запоріжжя – Томаківка – Марганець. Нараховує 76,7 км трубопроводу у дві нитки, модернізовано існуючий водозабір завдяки встановленню 2 занурених, 2-х робочих та 2-х резервних насосів. По трасі встановлено 6 насосних станцій.

Крім магістрального водопроводу, будуються й локальні. Завдяки цьому, наприклад, вдалося відновити водопостачання у Покрові, а в Кривому Розі не допустили висихання Південного водосховища.

Також у Херсонській області було визначено місця для буріння 50 нових свердловин: 13 – у Бериславській громаді, 9 – Новорайській, 10 – Милівській, 8 – Новоолександрівській громаді, 8 – у Нововоронцовській і 2 – у Новокаховській [7].

Інформації з окупованих населених пунктів, які перебували безпосередньо на березі Каховського водосховища, вкрай мало. Можна дуже чітко спрогнозувати, що проблеми з водою точно будуть у таких великих містах лівобережжя, як Енергодар і Дніпрорудне, розташованих безпосередньо на березі колишнього водосховища.

У сільськогосподарські угіддя зупинене водопостачання 31 системи зрошення полів Дніпропетровської, Херсонської та Запорізької областей, ідеться в повідомленні Мінагрополітики. У 2021 році ці системи забезпечували зрошення 584 000 га, з яких Україна збирала близько 4 млн т зернових і олійних культур на суму приблизно \$1,5 млрд. Через знищення Каховської ГЕС фактично залишилося без джерела води 94% зрошувальних систем в Херсонській, 74% – в Запорізькій та 30% – в Дніпропетровській областях.

Найбільші промислові об'єкти, які постраждали унаслідок підриву Каховської ГЕС:

- Меткомбінат «АрселорМіттал Кривий Ріг» обмежив споживання води та призупинив низку процесів металургійного виробництва, зокрема виплавляння сталі й виробництво прокату. В роботі залишаються доменне та коксохімічне виробництва, а також ГЗК.
- Нікопольський завод феросплавів заявив про зниження обсягів виробництва продукції через необхідність зменшувати споживання води для виробничого процесу.
- Запорізькій АЕС обійтися водою з колодязів та артезіанських свердловин буде важко: велетенська зміна балансу поверхових вод регіону призвело й до перерозподілу ґрунтових вод. Так у правобережних херсонських селах рівень води в колодязях був безпосередньо пов'язаним із рівнем води в Каховському водосховищі [6].

3. Водозабезпечення прибережної зони Каховського водосховища

3.1. Типи водозабірних споруд у прибережній зоні

Для забору води поверхневих джерел застосовують в основному руслові або берегові водозабірні споруди, які відрізняються розташуванням місць прийому води відносно берега. На річках невеликої глибини з похилими берегами влаштовують руслові водозабори, які складаються з водоприймача, самопливних або сифонних трубопроводів, берегового колодязя (рис. 3.1).

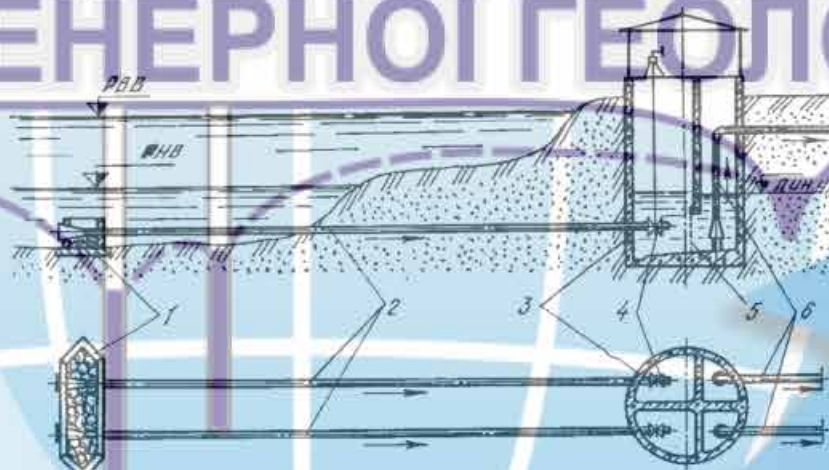


Рисунок 3.1 – Схема руслового водозабору з самопливними лініями: 1 - оголовок; 2 - самопливні труби; 3 - береговий колодязь; 4 - засувки; 5 - сітка; 6 - всмоктувальні труби насосів

Водоприймальні отвори в оголовках розташовують на висоті 0,5-1,5 м від дна і захищають решітками від потрапляння сміття, плаваючих предметів, риби тощо. Самопливні лінії, які з'єднують оголовок і береговий колодязь, проектують для надійності у вигляді двох труб. Береговий колодязь розташовують на незатоплюваному під час повені березі. Там, де це

можливо, береговий колодязь поєднують з насосною станцією I-го підйому, що зменшує капітальні витрати і спрощує експлуатацію.

На відміну від руслових, береговий водозабір не має самопливних ліній і повністю розташовується на березі (рис. 3.2). Такі водозабори споруджують на річках в місцях, де досить крутий берег і достатня глибина води. Вода у водоприймальний колодязь надходить через вікна, що обладнуються решітками для затримування сміття. Протягом року рівень води в річці коливається, тому, як правило, передбачають два яруси водоприймальних вікон для забору найчистішої води. Після решіток воду проціджують через сітки і забирають насосами I-го підйому.

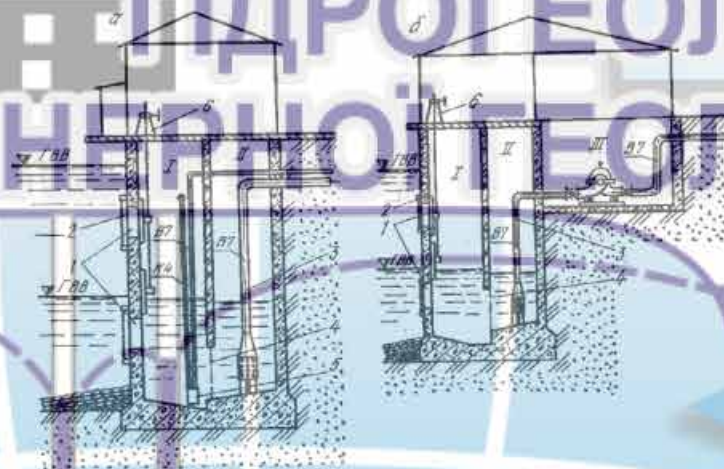


Рисунок 3.2 – Схеми берегових водозаборів: а - відокремленого; б - сумісного; I - водоприймальна камера; II - камера всмоктувальних труб; III - насосна станція першого підйому; 1 - водоприймальні вікна; 2 - решітка; 3 - всмоктувальна труба насоса; 4 - сітка; 5 - водоструменевий насос; 6 - колонка управління

Для забору підземних вод застосовують різні споруди - свердловини, шахтні колодязі, горизонтальні й променеві водозабори, каптажні камери.

Шахтні колодязі використовують в основному для добування ґрунтової безнапірної або міжпластової води верхніх горизонтів. Звичайно глибина шахтних колодязів не перевищує 10 м, але в окремих випадках може

сягати до 30 м. Поодинокі колодязі використовують переважно для місцевих систем водопостачання, тому вони отримали найбільше розповсюдження в сільській місцевості. Для централізованого водопостачання використовують групи шахтних колодязів, з'єднаних трубопроводами зі збірним колодязем для забору води з нього насосами.

Шахтний колодязь - це вертикальна шахта (ствол) прямокутного або круглого перерізу діаметром 1-1,5 м. Водоприймальну частину шахти колодязя заглиблюють у водоносний пласт не менше, ніж на 2 м. Дно її покривають донним піщано-гравійним фільтром. Оголовок шахти виводять вище поверхні землі на 0,8 м, закривають кришкою або люком і обладнують вентиляцією. Навколо колодязя влаштовують вимощення і глиняний замок. Ствол шахти виконують з дерева, каміння, цегли, бетону і залізобетону. Найбільш досконалими є колодязі із залізобетонних кілець.

Водозабірні свердловини (трубчасті колодязі) застосовують у тих випадках, коли підземні води залягають на глибині більше 10 м, а потужність водоносного пласта не більше за 5 м. Свердловина складається з трьох основних елементів: оголовка, ствола і водоприймальної частини. Оголовок призначений для закріплення гирла свердловини, захисту від потрапляння в неї забруднених поверхневих вод, а також розміщення арматури і обладнання. Висота оголовка має бути не менше 2,5 м.

Ствол свердловини кріпиться обсадними трубами для захисту стінок від обвалу в сипучих породах. Водоприймальну частину свердловини обладнують фільтром, який не повинен пропускати частинок водоносної породи. Використовують фільтри різних типів: трубчасті з круглими і щілинними отворами; сіткові, в яких фільтрова сітка обмотується на каркас; гравійні, в яких крупнозернистий пісок або гравій розташовується між водоносним ґрунтом і опорним каркасом.

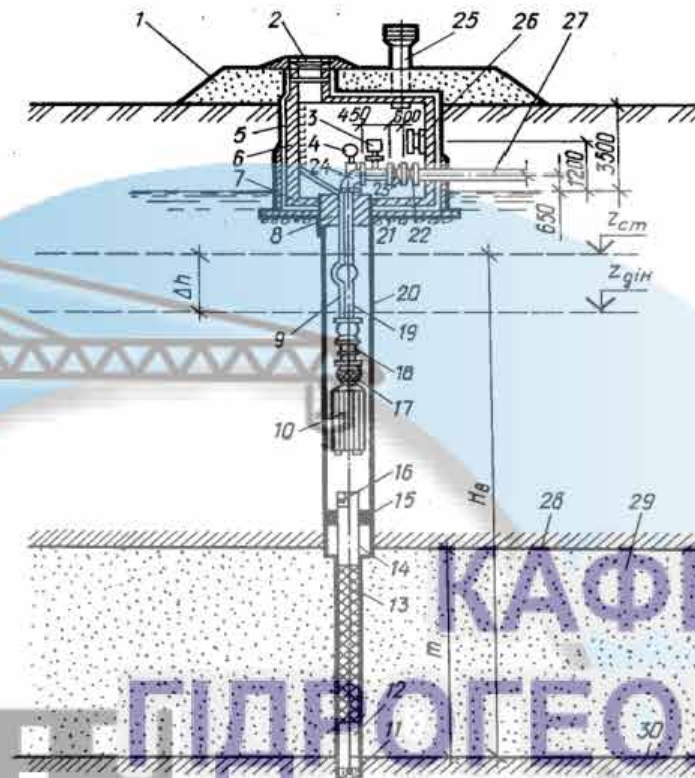


Рисунок 3.3 — Схема обладнання водозабірної свердловини: 1 - засипка ґрунтом для утеплення оголовка; 2 - люк; 3 - вантуз із заслінкою; 4 - манометр; 5 - бітумна ізоляція; 6 - сходи; 7 - дно оголовка; 8 - устя горловини; 9 - електрокабель; 10 - електродвигун; 11 - корок; 12 - відстійник; 13 - робоча поверхня фільтру; 14 - надфільтрова труба; 15 - сальник; 16 - замок для опускання фільтру в свердловину; 17 - сітчастий фільтр; 18 - насос; 19 - водопідйомна труба; 20 - експлуатаційна обсадна колонка; 21 - підготовка зі щебеню; 22 - заслінка; 23 - зворотний клапан; 24 - трубопровід із заслінкою для скидання промивної води; 25 - вентиляційна труба; 26 - дифманометр; 27 - напірний трубопровід; 28 - покрівля водоносного пласта; 29 - водоносний пласт; 30 - підосва водоносного пласта

При виборі майданчика для розміщення свердловин слід враховувати, що під час відкачування на деякій віддалі навколо колодязя відбувається падіння статичного рівня. При цьому безпосередньо біля колодязя зниження рівня максимальне, а в міру віддалення від нього воно зменшується. Зниження статичного рівня навколо колодязя в поперечному перетині

зображується кривою, яку називають кривою депресії. Лінія від осі колодязя до точки дотику кривої депресії з лінією статичного рівня називають радіусом депресії або радіусом впливу колодязя. Область навколо колодязя, обмежена кривою депресії, називається депресійною воронкою. Якщо в області депресійної воронки одного колодязя розташувати інший колодязь, то вони будуть впливати один на одного і загальні витрати води з таких колодязів будуть меншими. Тому колодязі повинні бути розташовані один від одного на віддалі, не меншій за подвійний радіус кривої депресії. Розрахунок параметрів водозабірних споруд слід проводити за формулами, які наведені у спеціальній літературі [8].

Основні технологічні процеси поліпшення якості води полягають у видаленні з неї тих чи інших домішок, що містяться в кількості, яка перевищує норми. Як правило, застосовують прояснення, знебарвлення із незаражування води.

Прояснення води полягає у видаленні з води завислих речовин, тобто зменшенні її каламутності. Його можна проводити шляхом відстоювання і фільтрування. Однак традиційне відстоювання проходить довго і при значних витратах води вимагає значних площ та громіздких споруд. Для прискорення прояснення у воду вводять хімічні речовини - коагулянти, що разом із завислими і колоїдними частинками утворюють пластівці, які досить швидко відділяються від води.

Знезаражування води - знищення мікроорганізмів, бактерій, вірусів, головним чином патогенних, які можуть викликати шлунково-кишкові захворювання: холеру, дизентерію, паратиф та ін. Значна частина бактерій і вірусів затримується при проясненні води відстоюванням і фільтруванням, а ті, що залишилися, знищують шляхом обробки води хлором, озоном, сріблом або опромінюючи її бактерицидними ультрафіолетовими променями.

Знебарвлення води - усунення речовин, що обумовлюють кольоровість води. Як правило, знебарвлення води проходить при проясненні й

зnezаражуванні. Речовини, що обумовлюють кольоровість води, видаляються за рахунок коагуляції та окислення.

Схема очисної станції з реагентним очищенням води показана на рис. 3.4, а. Неочищену воду подають у змішувач, до якого одночасно вводять певну кількість розчину коагулянтів. Далі вода надходить у камеру, де проходить реакція з утворенням пластівців, а потім - у відстійник. Відстоєна вода для остаточного прояснення подається на фільтри, після чого її зnezаражують і направляють в резервуари чистої води. Схема очисної станції з безреагентним очищенням води показана на рис. 3.4, б.

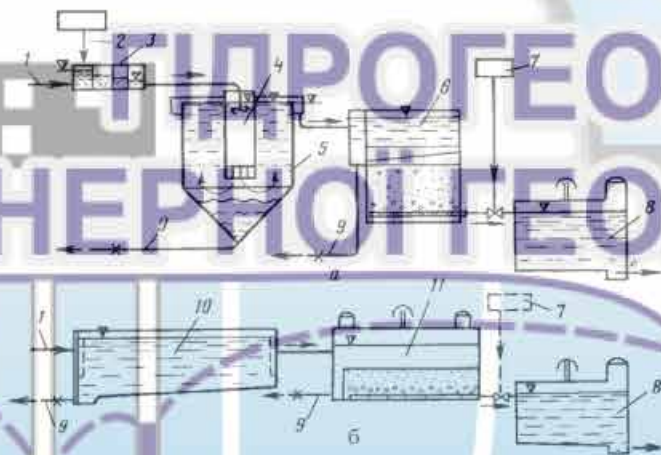


Рисунок 3.4 – Схеми очисної станції: а - при очищенні з реагентами; б - при очищенні без реагентів: 1 - подача неочищеної води; 2 - реагентне господарство; 3 - змішувач; 4 - камера утворення пластівців; 5 - відстійник або прояснювач із завислим осадом; 6 - швидкий фільтр; 7 - зnezаражування води; 8 - резервуар чистої води; 9 - трубопроводи для видалення осаду і промивних вод; 10 - горизонтальний відстійник; 11 - повільний фільтр

Технологічні схеми обробки підземних вод для господарсько-питних потреб значно простіші, ніж поверхневих, оскільки включають лише споруди для зnezараження води. При наявності в підземних водах заліза, фтору, марганцю та інших елементів схеми їх обробки включають споруди для зnezалізнення або видалення відповідних домішок.

Перемішування розчинів коагулянтів з водою, яка очищається, проводять за рахунок утворення вихрових потоків води нерухомими напрямними поверхнями або в результаті механічного перемішування мішалками у спеціальних пристроях - змішувачах. Із змішувачів вода потрапляє в камеру утворення пластівців і потім надходить у відстійники, де пластівці випадають в осад. Відстійники за конструкцією і рухом води можуть бути горизонтальні, вертикальні й радіальні (рис. 3.5). Горизонтальні відстійники (рис. 3.5, а) - прямокутні, витягнуті в плані за рухом води, залізобетонні резервуари, де вода рухається в горизонтальному напрямку від одного торця споруди до іншого.

Вертикальні відстійники (рис. 3.5, б) - залізобетонні резервуари круглої або квадратної форми в плані, в яких вода рухається вертикально, як правило, знизу вгору.

Радіальний відстійник (рис. 3.5, в) - круглий залізобетонний резервуар з невеликою у порівнянні з діаметром висотою. Вода в ньому рухається горизонтально від центру до периферії в радіальному напрямку.

Швидкість руху води у відстійниках приймають від 0,5 - 0,75 мм/с для вертикальних і 3 - 8 мм/с - для горизонтальних.

Остаточне прояснення води досягається фільтруванням, тобто пропусканням води через шар дрібнозернистого фільтруючого матеріалу (кварцовий пісок, керамзит, подрібнений антрацит, спінений полістирол та ін.). За конструкцією фільтри бувають відкриті (безнапірні) й закриті (напірні). Швидкі фільтри переважно будують відкритими у вигляді залізобетонної камери, завантаженої фільтруючим матеріалом. Фільтри можуть мати однорідний фільтруючий матеріал або бути з різних матеріалів: дво- або багат шарові фільтри. Товщина фільтруючого завантаження приймають в межах 0,7-2 м, діаметр зерен 0,5-2 мм. Щоб запобігти вимиванню фільтруючого матеріалу, між решіткою і фільтруючою масою засипають підтримуючий шар з гравію.

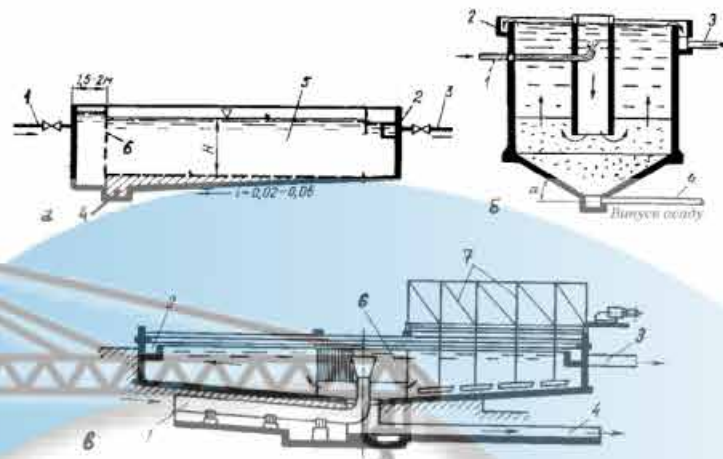


Рисунок 3.5 – Схеми відстійників: а - горизонтального; б - вертикального; в – радіального: 1, 3 - трубопроводи подачі і відводу води; 2 - збірний лоток; 4 - трубопровід для видалення осаду; 5 - зона відстоювання; 6 - пристрої для рівномірного розподілу води; 7 - ферма для згрібання осаду

Параметри фільтруючого завантаження швидких фільтрів і режим їх роботи при реагентному очищенні води призначають відповідно до вказівок .

Для остаточного знищення у відфільтрованій воді живих організмів, в тому числі патогенних, застосовують знезаражування. Дезінфекцію води здійснюють хімічними й фізичними методами. У першому випадку використовують сильні окислювачі: хлор, гіпохлорит натрію, хлорне вапно, озон, йод, марганець, перекис водню та ін. При фізичних методах воду обробляють на бактерицидних, електролізних, термо- та інших установках [8].

3.2. Стан водозабезпечення і використання водних ресурсів до руйнування греблі ГЕС

Вода також відіграє ключову роль у промисловому виробництві, формуючи так звану "планку" водомісткості ВВП. Цей показник має особливе значення для важкої промисловості, сектору переробки та харчової промисловості, які споживають значні обсяги водних ресурсів.

Однією з великих ілюзій, яка працює в українському суспільстві, є переконання, що Україна має значні водні ресурси.

У рейтингу світових поновлюваних водних ресурсів Україна займає 57-е місце, і її показник становить 139 кубічних кілометрів. Для порівняння таблиця 3.1.

Таблиця 3.1

Частина рейтингу поновлюваних водних ресурсів.

Центрально-Африканська республіка	144 куб км
Великобританія	147 куб км
Ангола	148 куб км
Сьєрра-Леоне	160 куб км
Сербія	162 куб км
Туреччина	200 куб км
Румунія	211 куб км

Ситуація з якістю питної води також не найкраща, ми займаємо майже ту саму сходинку 58-му з індексом 55,1. На 59-й позиції Йорданія, а Узбекистан – на 60-й. Вище нас Коста-Ріка.

Існує досить багато держав які отримали показник якості питної води на найвищому рівні у 100 балів. Це: Австрія, Фінляндія, Греція, Ісландія, Ірландія, Мальта, Нідерланди, Норвегія, Швейцарія, Великобританія. Майже до 100 балів наблизились Німеччина, Італія та Швеція.

Однак навіть у такій ситуації забезпечення водними ресурсами в Україні розподілено нерівномірно з географічною перевагою. В більшості центральних, південних та східних областей, населення має доступ до менше ніж 1 тисячі кубічних метрів води на рік на одну людину, що представляє собою катастрофічно низький показник водозабезпеченості. Наприклад, в індійському регіоні з вододефіцитом середній показник цього індикатору становить 2,2 тисячі кубічних метрів на особу.

Україна також не має регіонів із високим рівнем водозабезпеченості, лише середній рівень в одній Закарпатській області. Найбільший дисбаланс між потребами у водних ресурсах та їх наявністю зафіксовано в Дніпропетровській, Херсонській, Запорізькій, Одеській областях та АР Крим.

Ця інформація є важливою для розуміння того факту, що навіть при наявності величезних накопичувачів води у вигляді штучних "морів" - водосховищ вздовж русла Дніпра, південний регіональний кластер стикається з колосальною нестачею водних ресурсів. Зазначений вододефіцит ще більше погіршується через низьку якість питної води, якої не вистачає і яка має низьку якість.

Динаміка скидів води з Каховської ГЕС, км куб



Рисунок 3.6 – Графік динаміки скидів води з Каховського ГЕС.

Каховське водосховище, з обсягом зберігання понад 18 кубічних кілометрів води, є ключовим компонентом водних ресурсів регіонального кластеру, що включає Запорізьку, Дніпропетровську та Херсонську області України. Водний потенціал цього регіонального водоресурсного центру постійно зменшувався, і лише в останні роки стабілізувався завдяки припиненню відбору води в Кримський канал. У 1971 році скид води з дамби Каховської ГЕС складав 80 кубічних кілометрів на рік, але до 1991 року цей

показник зменшився до 42. У 2001 році він зменшився на ще 39 кубічних кілометрів, а в 2018 році зрос до 39,6 кубічних кілометрів.

Отже, в сухих регіонах водний баланс утворюється завдяки природнім опадам, а цей водний ресурс втрачається через сток, випаровування та зміни вологості ґрунтів. Для південних районів важливо знаходити додаткові чинники для збільшення водних ресурсів. Це можуть бути невідновлювальні джерела, такі як артезіанська вода, чи зовнішні джерела, як наплив води з інших регіонів за допомогою річок та каналів. Для того, щоб зовнішні водні джерела не марно розливалися у вигляді стоку, були побудовані Дніпровські водосховища.

У зв'язку з нерівномірним розподілом водних ресурсів важливим фактором стає їхній рух та транспортування, що забезпечується системою розгалужених каналів. Каховське водосховище служило джерелом для трьох основних каналів:

Каховський канал – який живив іригаційні системи Приазовської, Сірогозької, Генічеської, Каланчацької і Перекопської, покриваючи зону площею 195 000 гектарів орної землі.

Північнокримський канал – який був припинений після окупації Криму Росією.

Канал Дніпро-Кривий Ріг – який живив Південне водосховище та забезпечував водопостачання для міста Кривий Ріг, єднаючись з річкою Саксагань у єдину водну систему. Цей канал відіграв важливу роль у зрошенні близько 30 тисяч гектарів орних земель та постачанні води для міського водозабору Кривого Рогу.

Якщо провести аналіз Водогосподарського балансу басейну річки Дніпро, оприлюдненого Держводагентством, виходить, що об'єм стоку, що надходить від Дніпра від греблі Дніпровського до греблі Каховського водосховища, становить в середньому 2300-2400 млн м³ щомісяця. Це є ключовим водним ресурсом для регіону, оскільки підземні джерела води

дають лише 5 млн м³. Середні природні витрати води, такі як випаровування та фільтраційні втрати, складають щомісяця в середньому 800 млн м³ [9].

На основі вивчення поверхневих вод у Каховському водосховищі, проведеного 24 березня 2017 року, гідрохімічний стан води визначено як задовільний [10].

Втрата Каховського водосховища має різноманітний вплив на різні регіональні сфери водокористування, розглядаючи його в контексті санітарних потреб, промислових запитів та зрошувального землеробства. Найменший вплив буде помітний в Херсонській області, де підземні джерела складають значну частину водопостачання. Санітарні потреби переважають, витрачаючи 7,3 млн м³ води на рік, тоді як промисловість та зрошення споживають значно менше - по 1 млн м³.

А щодо різниці між цими показниками для зведення балансу в нуль, вона направляє у водосховища. Середньомісячний резерв водних ресурсів становить до 1 млн м³, з піковим значенням у квітні на рівні 2,2 млн м³ та мінімальним значенням у вересні – 0,2 млн м³.

Таблиця 3.2

Забір та витрати води Каховського водосховища для трьох областей.

Область:	Забрано води		Всього	Використано води		
	з природних об'єктів	з підземних		Санітарні	Промисловість	Зрошення
Херсонська	25	13	7,3	5,4	1	1
Дніпропетровська	941	73	672	105	534	21
Запорізька	320	3	234	33	197	3

Примітка: показники у млн м³

У Запорізькій області ситуація є найбільш складною. З 320 млн м³ видобутої води лише 3 млн м³ становлять підземні джерела через геологічні особливості регіону у вигляді гранітного кристалічного щиту. Більша

частина води, а саме 197 млн м³ з 234, використовується промисловістю. Санітарні потреби також значні, досягаючи 33 млн м³. Та 3 млн м³ на зрошення.

У Дніпропетровській області водна ситуація після зруйнування Каховської ГЕС є нерівномірною та важкою. Великі запаси підземних вод, які складають 73 млн м³, мінімізуються через значне споживання, яке становить 672 млн м³. З цієї кількості 534 млн м³ використовуються промисловістю, а 105 млн м³ - для санітарних потреб. Варто відзначити, що в області найбільше потреб у воді в зрошенні, і це досягає 21 млн м³ на рік.

Тут необхідно згодитися з екологами та визнати, що на етапі свого створення Каховське водосховище, в певному сенсі, спричинило екологічну кризу для місцевих екосистем. Історично розглядаючи, це місце представляло собою Великий Луг та традиційні території Запорізьких Січей.

Однак ця трансформація була необхідною в межах розміщення продуктивних сил у господарстві того часу, при змінах в сільському господарстві та структурі промислового виробництва, спрямованих на розвиток важких галузей економіки.

Дніпровські водосховища стали ключовим джерелом води в рамках економіко-географічного розподілу, сформованого в часи УРСР, в межах Донецько-Придніпровського територіально-економічного району [9].

4. Прогнозування змін гідрогеологічного режиму та водозабезпечення після руйнування греблі ГЕС

4.1. Розробка прогностичної моделі

Через різноманітність природних та техногенних умов в роботі розглянуто приклад типового прибережного водозабору з ряду свердловин, розташованих паралельно берегу ріки на певній відстані між собою та від ріки. Прогнозна модель має визначити приплив води до прибережного водозабору та оптимізувати водовідбор.

Розглянемо схему напірного водоносного горизонту, обмеженого в плані прямолінійною межею (рікою), на якій підтримується постійний рівень води H_0 (рис. 4.1). На відстані L від межі рівень підземних вод дорівнює H_L . У водоносному горизонті розміщено N свердловин; що відбирають воду, координати місць розташування яких $(x_{0,i}, y_{0,i})$, дебіти – Q_i . Внаслідок постійного відкачування рівень підземних вод знижений відносно його початкового положення H_e .

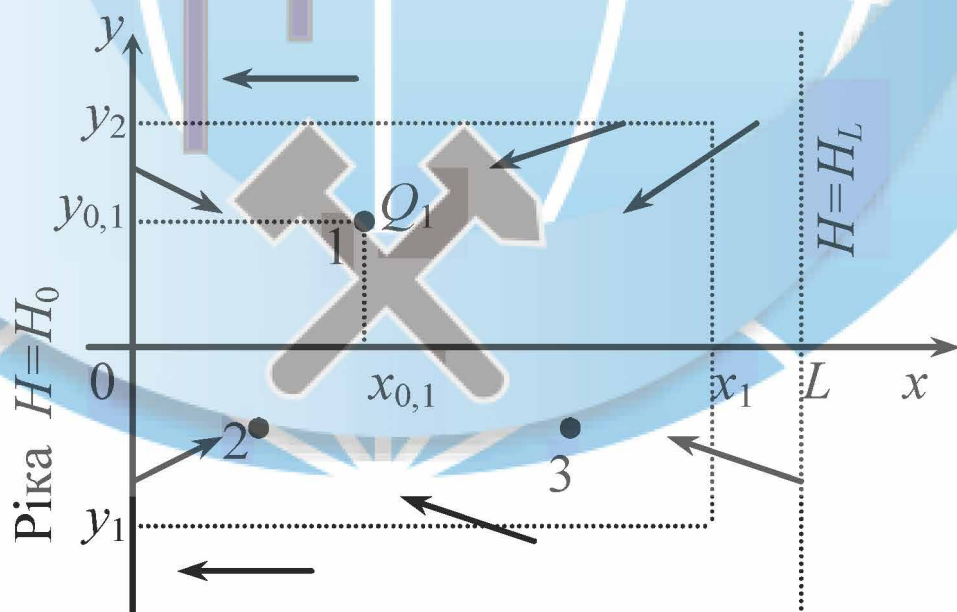


Рисунок 4.1 – Схема фільтрації в районі водозабору

Розподіл пониження S рівня підземних вод у водоносному горизонті описується рівнянням усталеною фільтрації

$$T \left(\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \right) - \sum_{i=1}^N Q_i \delta(x - x_{0,i}, y - y_{0,i}) = 0 \quad (4.1)$$

за умови незмінності рівня води на значному віддаленні від свердловин

$$S = 0, \quad x^2 + y^2 \rightarrow \infty, \quad (4.2)$$

і сталості напору на межі

$$S = 0, \quad x = 0. \quad (4.3)$$

тут T – провідність. δ – дельта функція, за допомогою якої моделюються свердловини.

Рівень підземних вод до роботи свердловин H_e наближено визначається за лінійною залежністю

$$H_e(x) = H_0 + (H_L - H_0)x/L, \quad (4.4)$$

а після початку відкачки – як різниця між початковим рівнем H_e і пониженням S :

$$H(x, y) = H_e(x) - S(x, y), \quad (4.5)$$

Розв'язок рівняння (1) за умов (2) і (3) для однієї свердловини (з індексом « i ») має вигляд

$$S_i(x, y) = \frac{Q_i}{2\pi T} \ln \left(\frac{r(x + x_{0,i}, y - y_{0,i})}{r(x - x_{0,i}, y - y_{0,i})} \right). \quad (4.6)$$

Тут $r(x, y) = \sqrt{x^2 + y^2}$. Пониження рівня води в результаті роботи декількох свердловин визначається шляхом підсумовування їх впливу:

$$S(x, y) = \sum_{i=1}^N S_i(x, y). \quad (4.7)$$

Потік води через ділянку межі $y_1 \leq y \leq y_2$ водоносного горизонту розраховується за формулами

$$Q_r = \int_{y_1}^{y_2} q(y) dy, \quad q(y) = -T \frac{\partial}{\partial x} H(x, y) \Big|_{x=0}, \quad (4.8)$$

де q – питомий приплив на одиницю довжини ріки.

Середня мінералізація відкачуваних вод складе

$$C_s = \frac{C_{gw}Q_{gw} + C_rQ_r}{Q_{sum}}, \quad (4.9)$$

де C_{gw} , C_r – мінералізація підземних і річкових вод, Q_{gw} , Q_r – їхні припливи до свердловин.[16]

Завдання: визначити данні для різних умовах. Знайти сумарний приплив і мінералізацію відкачуваних вод. Побудувати карту пониження рівня підземних вод.

Розрахунки проводилися для умов Нікополь-Марганецької частини узбережжя р. Дніпро для типового прибережного водозабору у водоносному горизонті нижньосарматських відкладів.

Для отримання даних необхідно визначити можливу потужність водозаборів у разі зміни берегової лінії. Для цього необхідно визначити положення поверхні землі та поверхні води, а також потужність водоносного горизонту.

Для визначення положення поверхні землі були використані космічні знімки та база даних 30-Meter SRTM Tile Downloader [13], які були оброблені у програмі Surfer (рис. 4.2). Положення побудованого профілю зображено червоною лінією на рисунку 4.3.



Рисунок 4.2 – Карта рельєфу між Дніпропетровською та Запорізьською областями до руйнування.

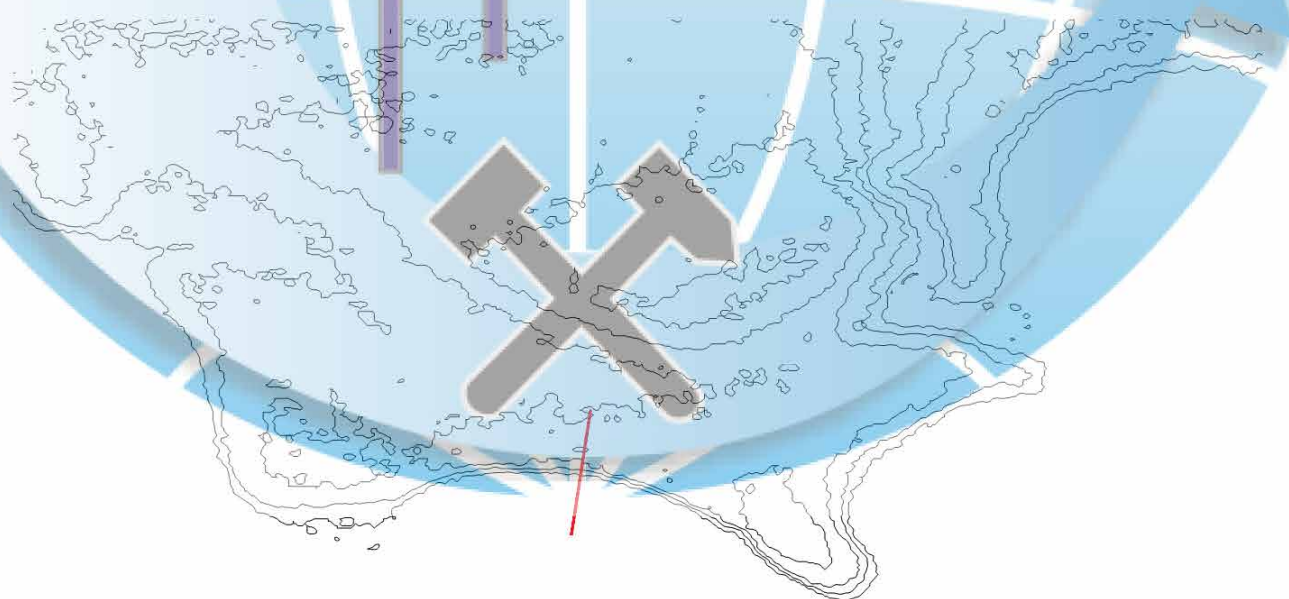


Рисунок 4.3 – Положення побудованого профілю на карті.

Фільтраційні властивості, геометрія прибережної частини та розподіл рівнів води визначені для водоносного горизонту нижньосарматських відкладів (табл. 4.1). За отриманими даними в програмному забезпеченні Surfer у Excel було побудовано профіль. Результати показані на рисунку 4.4.

Таблиця 4.1

Стратиграфічна колонка осадових порід.

Індекс	Літологічний склад	Потужність			Коротка літологічна характеристика порід
		от	до	ср	
Q		3	30	15	Ґрунтово-рослинний шар, суглинок лесоподібний
N ₁ +Q ₂		2	30	18	Ґлина червоно-бура
N ₂ ¹⁻² ks				5	Ґлина темно-сіра вапнякова
N ₂ ¹				25	Вапняк черепашковий
Pm				15	Вапняк оолітовий
N ₁ ³ tp		15	8	25	Пісок кварцовий світло-зелений з прошарками темно-сірої глини
N ₁ ³ S ₃		15	25	20	Ґлина світло-зелена вапняна з прошарками мергелю та рихлого вапняку
N ₁ ³ S ₂				2	Ґлина зеленувато-сіра, вапняна
				65	Ґлина майже чорна, шарувата з бетритусом
N ₁ ³ S ₁		0,5	8	3	Пісок глауконіто - кварцовий
N ₁ ² ko				5	Ґлина зелена з прошарками піску, мергелю
N ₁ ² kg		2	4	3	Ґлина блакитно-зелена з великими зернами кварцу
N ₁ ² tm		3	12	5	Ґлина охристо зелена на південь переходить у пісок
Pq ₃ ²		4	25	5	Ґлина буро-сіра з прошарками бурого вугілля

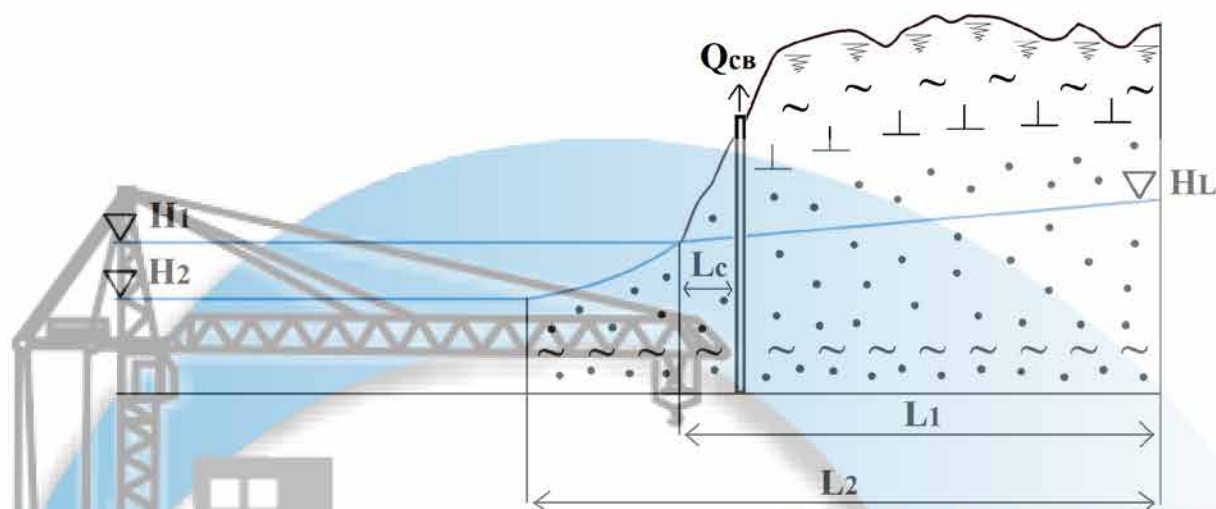


Рисунок 4.4 – Схема профілю для розрахунку.

Таблиця 4.2

Варіанти вихідних даних для подальших розрахунків

Параметр	Варіант 1	Варіант 2
	(до руйнування греблі ГЕС)	(після руйнування греблі ГЕС)
Напір на вододілі, H_L	21 м	21 м
Рівень води в р. Дніпро, H_0	15 м	10 м
Відстань між вододілом та берегом ріки, L	1500 м	1800 м
Відстань від свердловини до берегу ріки, L_c	100 м	400 м
Потужність водоносного горизонту, m	а) 5 м б) 7 м	а) 5 м б) 7 м
Коефіцієнт фільтрації, k_f	а) 2 м/добу б) 4 м/добу	а) 2 м/добу б) 4 м/добу

4.2. Прогнозні оцінки припливу до водозабору при зміні гідрологічного режиму

Розрахунки прибережних водозаборів поблизу межі річки при різних варіантах з табл. 4.2. виконані у програмному забезпеченні MathCad. Ряд складався з 10 свердловин розташованих у 100 м. одна від одної та в 100 метрах від берегової лінії. Після зміни гідрологічного режиму відповідно до порівнянь з космічними знімками для даного прикладу ділянки було встановлено, що берегова лінія відійшла від свердловин на 300 м. Для порівняння впливу різних факторів та аналізу невизначеності даних були взяті мінімальне і максимальне значення потужності водоносного горизонту та мінімальний і максимальний показники коефіцієнта фільтрації до руйнації греблі ГЕС та після руйнації. Вихідні дані показано в таблиці 4.2.

Результати розрахунків показані в таблиці 4.3, та відтворені в програмному забезпеченні Surfer (рис. 4.5-4.8). Пониження підбиралося таким чином, щоб зберігалася потужність, достатня для підтримання водовідбору. Так, для потужності водоносного 5 м пониження повинно не перевищувати 2 м, а при потужності 7 м – не перевищувати 3 м.

Таблиця 4.3

Результати проведених розрахунків

	Варіант 1а	Варіант 1б	Варіант 2а	Варіант 2б
Сумарний дебіт, Q_{Σ} $\text{м}^3/\text{добу}$	200	600	200	600
Приплив річкової води, $Q_P, \text{м}^3/\text{добу}$	123,414	380,09	41,679	140,28
Частка припливу річкової води, %	61,7	63,34	20,84	23,38
Середня мінералізація $C_B, \text{г}/\text{дм}^3$	0,821	0,803	1,271	1,243

За результатами проведених розрахунків можна зробити висновок про те, що віддалення берегу внаслідок спорожнення водосховища призводить до збільшення припливу підземних вод. Хоча загальний приплив залишається таким же, але при цьому частка припливу річкової води для більш далекого берегу зменшується втричі. Широкий діапазон оцінок сумарного дебіту від 200 до 600 м³/доб визначається діапазоном значень коефіцієнта фільтрації та потужності нижньосарматського водоносного горизонту. При цьому зміна цих параметрів майже не впливає на частку припливу річкових вод на тій же відстані свердловин від берегу.

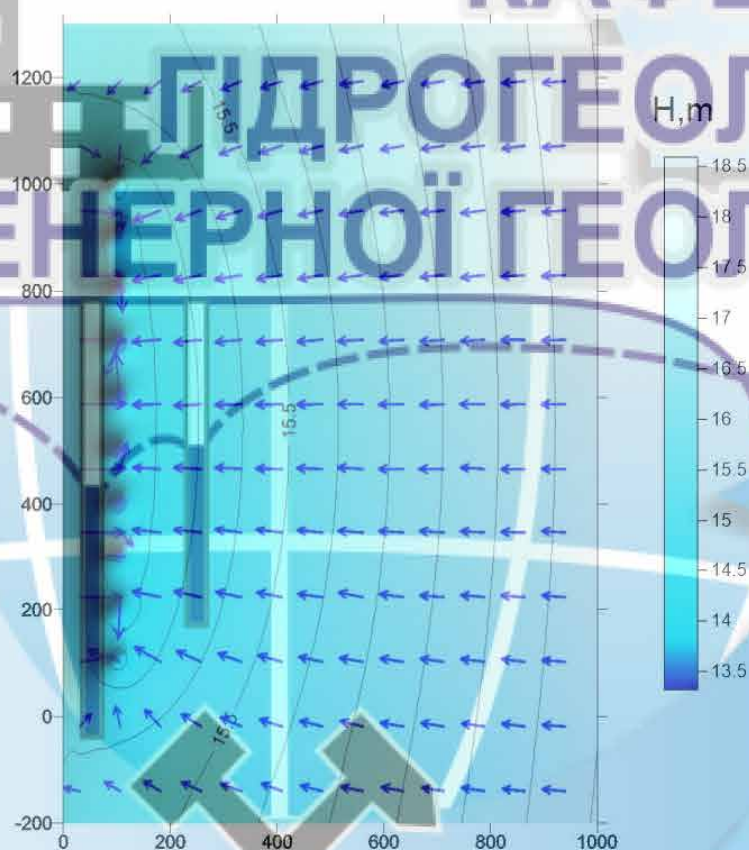


Рисунок 4.5 – Схема направлення ґрунтових вод при розрахунку 1а.

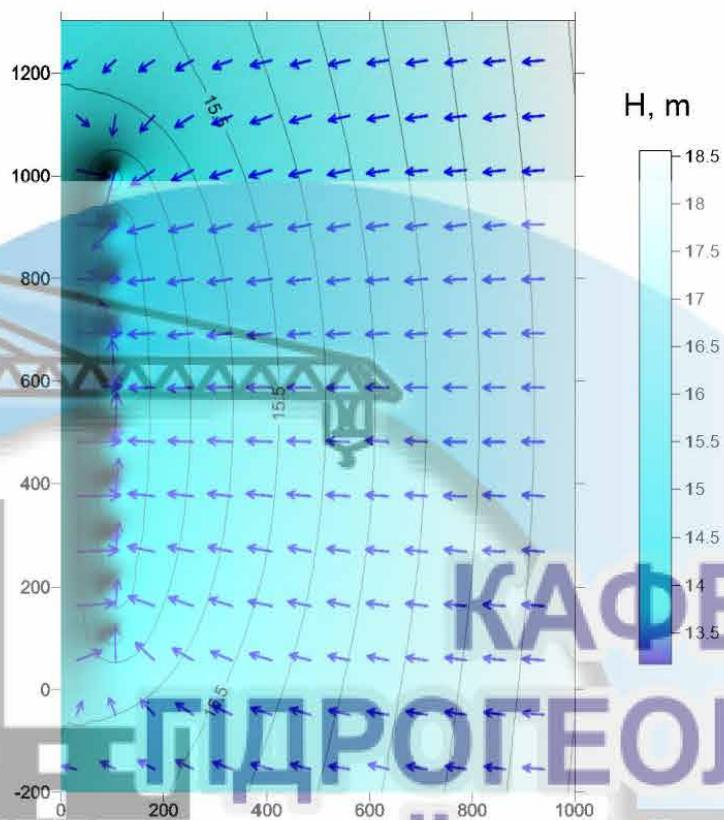


Рисунок 4.6 – Схема направлення ґрунтових вод при розрахунку 1б.

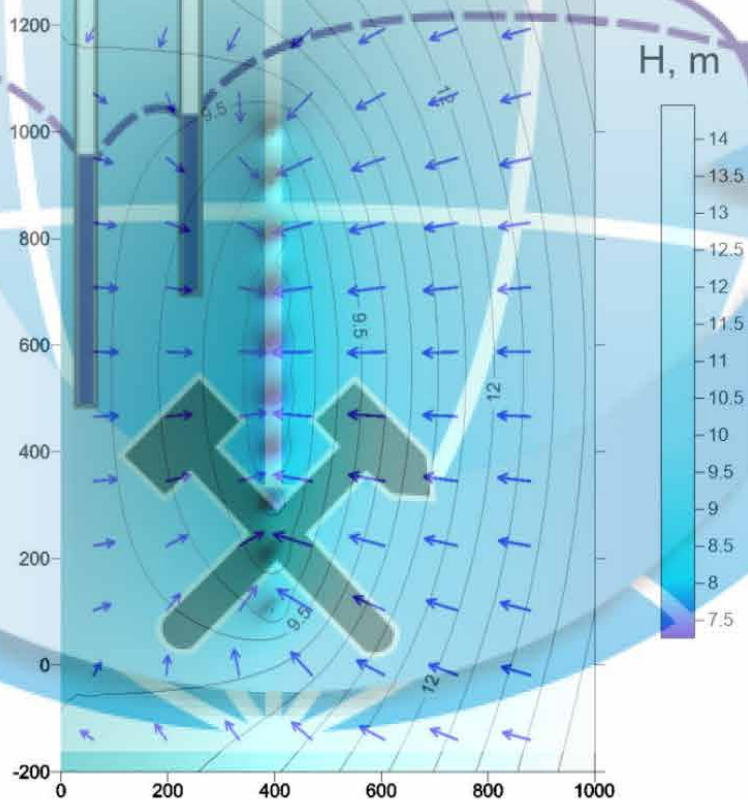


Рисунок 4.7 – Схема направлення ґрунтових вод при розрахунку 2а.

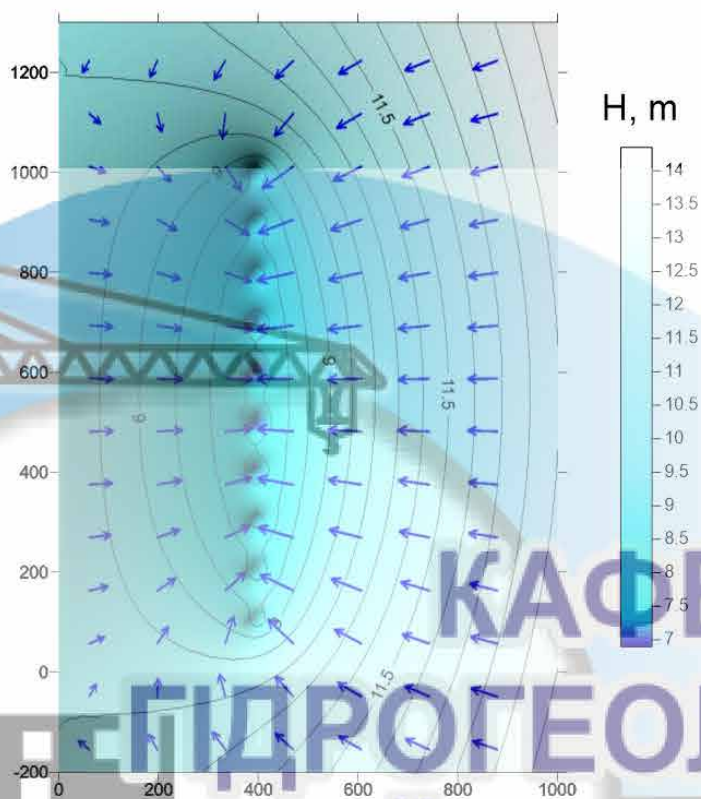


Рисунок 4.8 – Схема направлення ґрунтових вод при розрахунку 2б.

При ближчому розташуванні свердловин до межі можна досягти мінералізації 0,8 г/л, яка знаходиться в межах санітарно допустимих норм за ДСанПін 2.2.4-171-10[14]. У разі віддалення берегу від свердловин на 300 м мінералізація води, що відбирається, зростає до 1.2 г/л, що є умовно прийнятною. При перевищенні мінералізації підземних вод до 1,85 г/л мінералізація води, що відбирається, перевищує граничне значення 1,5 г/л відповідно до санітарних норм.

Ширина зони, через яку відбувається приплив, майже не змінюється, але абсолютні величини припливу стають у середньому втричі меншими (рис. 4.9 - 4.12).

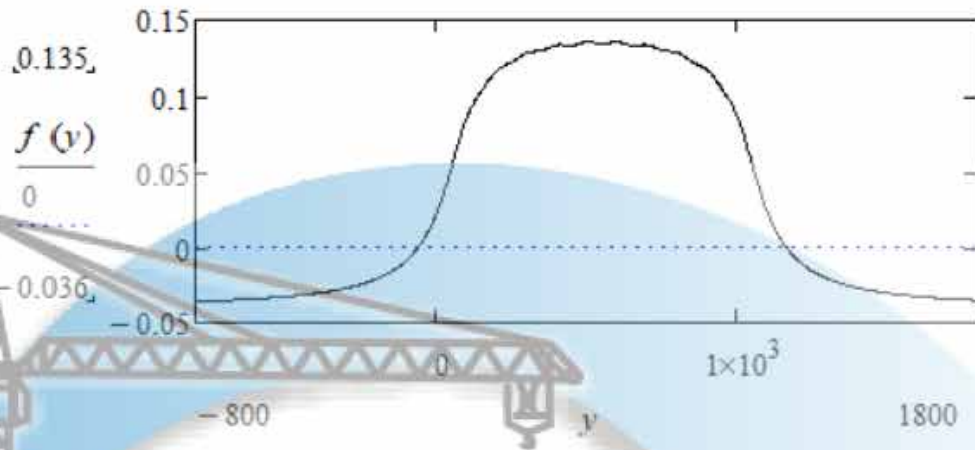


Рисунок 4.9 – Зміна питомого припливу річкових вод до водоносного горизонту уздовж берегової лінії $f(y)$, м³/доб для варіанту 1а.

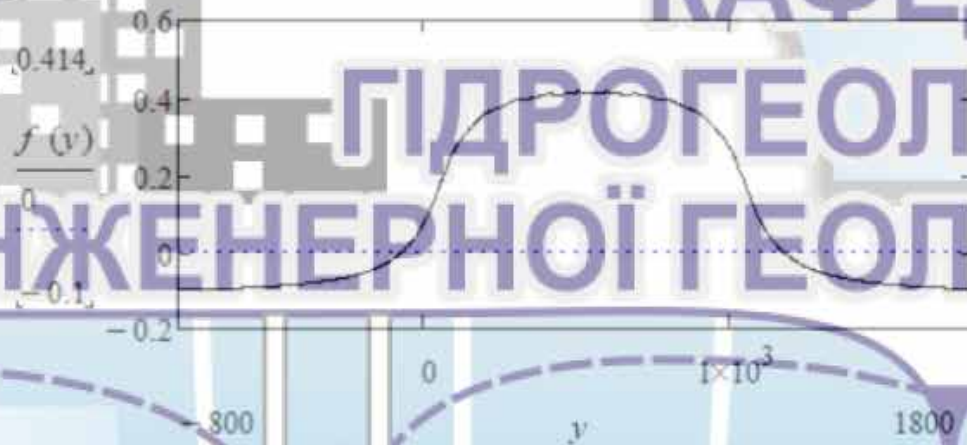


Рисунок 4.10 – Зміна питомого припливу річкових вод до водоносного горизонту уздовж берегової лінії $f(y)$, м³/доб для варіанту 1б.

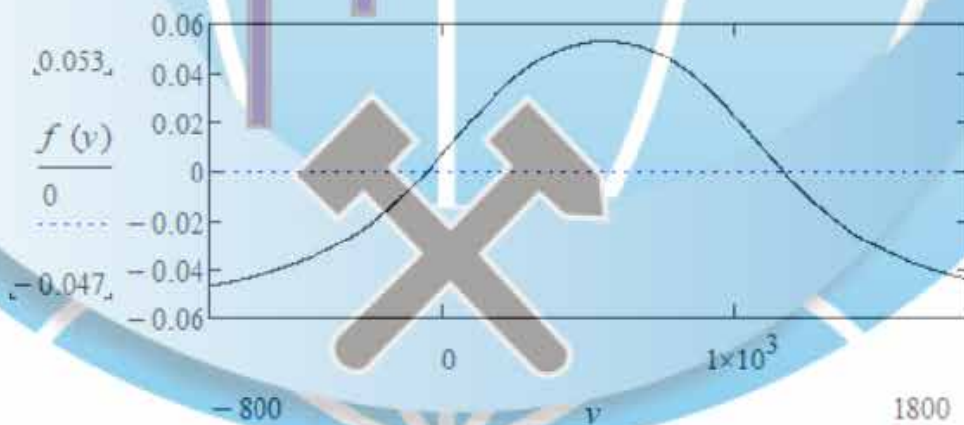


Рисунок 4.11 – Зміна питомого припливу річкових вод до водоносного горизонту уздовж берегової лінії $f(y)$, м³/доб для варіанту 2а.

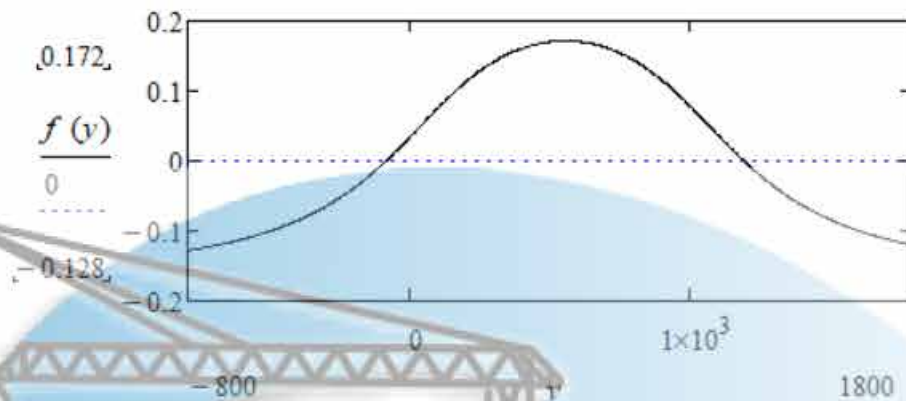


Рисунок 4.12 – Зміна питомого припливу річкових вод до водоносного горизонту уздовж берегової лінії $f(y)$, м³/доб для варіанту 26.

Для подальшого використання такого водозабору потрібно або встановлювати новий водозабір біля межі з урахування відступу води, але це несе за собою додаткові капітальні витрати, які пов'язані з бурінням свердловин і прокладанні нової системи труб для постачання, або використовувати ті ресурси які є на даний період часу для конкретних потреб конкретної території, можливе скорочення або відмовлення від деяких витрат. Для більш детального аналізу потрібні додаткові розрахунки.

Висновки

До руйнування греблі ГЕС 6 червня 2023 р. Каховське водосховище представляло собою одну з найбільших штучних водойм України з площею поверхні 2155 км², об'ємом водойми 18,2 км³, корисними об'єм 6,8 млрд.м³ та середньою глибиною 8,5 м; з нього забиралось до 194 млн. м³ води для господарських та побутових потреб.

Руйнування греблі Каховської ГЕС призвело до катастрофічних змін гідрологічного режиму та, з часом, до змін гідрогеологічного режиму. До руйнування греблі Каховське водосховище широко використовувалось як джерело водопостачання для комунального, промислового та сільськогосподарського водозабезпечення, системи зрошення, енергосистем, рибного господарств, водного транспорту. Найбільш ураженими територіями біля узбережжя.

Завдяки спектросональним знімкам території Каховського водосховища за допомогою супутника Sentinel-2A, можна визначити значні зміни гідрологічного режиму. Відбулося зменшення площі водосховища на 22% протягом трьох днів та спостерігається відсутність води на глибині 10 метрів, велика частина водосховища не лише втратила воду, але й фактично висохла і по суті, залишається не "площа водосховища", а площа русла. Характер заплави Дніпра став хвилеподібним, з розрізненими струмками, водозборами та заростанням різних видів рослинності, теоретично можливе формування п'яти біотопів: водяних, пляжів та дюн, прибережно-болотних, лучно-степових та чагарниково-лісових.

Стан водозабезпечення у Дніпропетровській області після руйнування Каховської ГЕС суттєво погіршився. Запаси підземних вод, які складають 73 млн м³, недостатні через значне споживання, яке становить 672 млн м³. З цієї кількості 534 млн м³ використовуються промисловістю, а 105 млн м³ - для санітарних потреб. Варто відзначити, що в області найбільше потреб у воді для зрошення.

Для прогнозних оцінок впливу зниження рівня води у р. Дніпро на функціонування типового прибережного водозабору була розроблена геофільтраційна модель з рядом свердловин, паралельним берегу, для якої існує аналітичний розв'язок.

За результатами проведених розрахунків встановлено кількісні показники впливу віддалення межі від свердловин на збільшення припливу підземних вод. При цьому загальний приплив зростає завдяки збільшенню коефіцієнта фільтрації та потужності на тій же межі, але частка річкової води залишається стабільною. З віддаленням берегу від водозабору мінералізація зростає і може перевищувати гранично допустиму.

На мою думку, відновлення Каховського водосховища не є раціональним через те що по-перше, це може вимагати значних фінансових та технічних ресурсів, по-друге, основною метою водосховища було споживання південних регіонів що на даний момент стало не актуально. Тому для ефективного використання водних ресурсів доцільно розглядати альтернативні варіанти, такі як встановлення нових водозаборів біля нового берегу, раціонально використовувати наявні ресурси, скорочуючи витрати води.

Перелік посилань

1. Характеристика природних умов та ресурсів Дніпропетровської області. Бібліотека наукових видань сайту Geograf. Режим доступу: <http://www.geograf.com.ua/library/geoinfocentre/21-physical-geography-ukraine-world/282-natural-resources-dniepropetrovsk>
2. Нікопольське управління захисних масивів Дніпровських водосховищ. Історія розвитку. Режим доступу: <https://www.nik-up.gov.ua/istoriia-rozvytku/>
3. Каховське водосховище перетворюється на річку – фахівці Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України. Національна академія наук України, 21.06.2023. Режим доступу: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=10244&fbclid=IwAR1BNt2tTxx2WvauuJbjtBpwhkHu2wrkwqA0d44RuVZSziTZhIT3MINw4I>
4. Воєнська Україна. Екоцид: катастрофічні наслідки руйнування дамби Каховського водосховища. Євген Стахів, Андрій Демиденко. 19.08.2023. Режим доступу: <https://voxukraine.org/ekotsyd-katastrofichni-naslidky-rujnuvannya-damby-kahovskogo-vodoshovyshha>
5. На дні Каховського водосховища вже утворилися такири і переважають чужоземні види рослин – академік. 27.07.2023. Режим доступу: <https://nikopol.nikopolnews.net/ukraina/kakhovskoho-vodoskhovyshcha-6/>
6. Forbes. Хто залишився без води після підриву Каховської греблі. 04.07.2023. Режим доступу: <https://forbes.ua/news/khto-zalishiv-sya-bez-vodi-pislya-pidryvu-kakhovskoi-grepli-analiz-vid-textyorg-04072023-14599>
7. Цензор.нет.. Хто залишився без води після підриву Каховської ГЕС . 18.07.2023. Режим доступу: https://censor.net/ua/news/3431951/hto_zalyshyv_sya_bez_vody_pislya_pidryvu_kahovskoyi_ges_karta

8. Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання. – К.:, 2001. – 303.
9. Необхідно відселити мільйон людей. На що перетворяться регіони, які живилися з Каховського водосховища. Автор: Олексій Куц Джерело. 12.06.2023. Режим доступу: https://biz.censor.net/resonance/3424117/neobhidno_vidselyty_mil_yion_lyudevi_na_scho_peretvoryatsya_regiony_vaki_jyvylsya_z_kahovsk_ogo_vodoshovyscha
10. Прогноз впливу будівництва та експлуатації Каховської ГЕС-2 на видні екосистеми Каховського водосховища та пониззя Дніпра / Звіт про НДР / Інститут гідробіології НАНУ. – Київ. – 2014.- 88с.
11. 30-Meter SRTM Tile Downloader. URL: <https://dwtkns.com/srtm30m/>
12. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#n258>
13. Загальна характеристика району басейну річки Дніпро. Навчальний семінар “Розроблення плану управління річковим басейном: характеристика, навантаження, вплив” 11-12 грудня 2018 року, Київ https://www.euwipluseast.eu/images/2019/04/16/2_General_characterization.pdf
14. Книга 3. Розвиток теплоенергетики та гідроенергетики. Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/section-3/3-1>
15. ПІДЗЕМНІ ВОДИ. Ідентифікація і розмежування масивів підземних вод у басейні річки Дніпро, Україна. Сергій Гошовський, Ірина Саніна, Наталя Люта. Київ, Грудень, 2018. Режим доступу: https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2021/05/dnipro_ukr2-na-sayt.pdf
16. Математичні методи в охороні підземних вод [Текст]: навч. посібник / Д.В. Рудаков. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 158 с.

17. Моделювання в гідрогеології [Текст]: навч. посібник. Рудаков Д.В. – Д.: НГУ, 2011. – 88 с.

18. Водопостачання і водовідведення. Павлінова І.І. 2015. Режим доступу: https://stud.com.ua/27711/tovarovnavstvo/vodopostachannya_i_vodovidvedennya

19. Тугай, А. М. Водопостачання: Підручник / А. М. Тугай, В. О. Орлов. - К.: «Знання». - 2009. - 735 с.



КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

Текстові додатки

Додаток А

Відзив

наукового керівника на кваліфікаційну роботу ступеня магістра НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності «Науки про Землю» (освітньо-професійна програма «Геологія, гідрогеологія, геофізика»), студентки гр. 103м-22-1 Короткої Владислави Олександрівни «Гідрогеологічний та гідрологічний режими території Каховського водосховища після руйнування греблі ГЕС та оцінка можливостей місцевого водозабезпечення»

Зв'язок завдання на кваліфікаційну роботу з об'єктом діяльності магістра. Завдання на представлену кваліфікаційну роботу безпосередньо пов'язано з об'єктом діяльності магістра за спеціальністю «Науки про Землю» (ОПП «Геологія, гідрогеологія, геофізика») і стосується досліджень гідродинамічного режиму природно-технічних об'єктів, раціонального використання та охорони підземних вод при освоєнні водних ресурсів.

Актуальність. Руйнування Каховської ГЕС призвело до драматичних змін у гідросфері, зокрема, гідрологічного режиму та створило загрозу водозабезпечення населення, промисловості та сільського господарства на значних територіях. У даний час терміновим постає завдання надійного мінімально необхідного водозабезпечення з раціональним використанням запасів підземних вод. Стратегія подальшої експлуатації водозаборів та вжиття заходів захисту гідросфери має ґрунтуватися на оцінках запасів підземних вод та прогнозах продуктивності водозаборів. Тому тема кваліфікаційної роботи студентки Короткої В.О. є актуальною.

Відповідність змісту стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, списку літератури, та додатків. Зміст роботи повністю відповідає стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК.

Новизна. На основі моделювання роботи прибережного водозбору оцінені ресурси водовідбору з водоносних горизонтів після переміщення берегової лінії р. Дніпро внаслідок осушення Каховського водосховища, що дає можливість адекватно визначити регламент водовідбору для водопостачання населення та промисловості у прибережних районах.

Практичне значення результатів. Представлений підхід може бути використано при виконанні оцінок впливу на довкілля (ОВД) руйнування греблі Каховської ГЕС та зниження рівня води у р. Дніпро при обґрунтуванні заходів водозабезпечення. Виконані на прогнозні оцінки необхідні при організації системи гідроекологічного моніторингу уздовж берегової лінії р. Дніпро території Каховського водосховища й прийняття організаційно-технічних заходів стосовно раціонального використання водних ресурсів.

Ступінь самостійності виконання. Студент Коротка В.О. виконала кваліфікаційну роботу самостійно за допомогою консультацій наукового керівника.

Застосування ПЕОМ, реальність, комплексність. Усі розрахунки в роботі виконані студенткою Короткою В.О. з використанням ПЕОМ для реальних об'єктів з відповідним урахуванням їх геологічної та гідрогеологічної специфіки. Робота враховує необхідні відомості та картографічний матеріал з геології, гідрогеології, гідрології.

Якість оформлення. Робота написана грамотною мовою, оформлена відповідно до сучасних вимог.

Недоліки. Розрахунок прибережного водозбору при зміні берегової лінії виконано для обмеженої кількості варіантів. Однак це суттєво не вплинуло на реалістичність отриманих результатів, оскільки при розкиді значень фільтраційних параметрів використовувались діапазони їх імовірних значень.

Комплексна оцінка. Кваліфікаційна робота Короткої В.О. відповідає вимогам до рівня вищої освіти за НРК та компетентностям ОПП «Геологія, гідрогеологія, геофізика» (ОКР «магістр») і заслуговує оцінки «відмінно», а її автор Коротка В.О. – присвоєння кваліфікації магістр за спеціальністю «Науки про Землю» (ОПП «Геологія, гідрогеологія, геофізика»). Рекомендована оцінка кваліфікаційної роботи – 92 бали.

Науковий керівник:
проф. каф. гідрогеології та інженерної геології
д.т.н., проф.

Рудаков Д.В.

Рецензія

на кваліфікаційну роботу ступеня магістра НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності «Науки про Землю» (освітньо-професійна програма «Геологія, гідрогеологія, геофізика»), студента гр. 103м-22-1 Короткої Владислави Олександрівни «Гідрогеологічний та гідрологічний режими території Каховського водосховища після руйнування греблі ГЕС та оцінка можливостей місцевого водозабезпечення»

Руйнування Каховської ГЕС призвело до катастрофічних змін у гідрологічного режиму, що вплинуло на стан підземних вод та підвищило ризики забезпечення водою населення сільського господарства та промисловості. В умовах зниження рівня поверхневих та підземних вод стає нагальним завдання надійного водозабезпечення з раціональним використанням водних ресурсів. Подальша експлуатація водозаборів має враховувати оцінки запасів підземних вод. Отже, тема кваліфікаційної роботи студента Короткої В.О. є актуальною.

Представлена робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. У першому розділі проведено аналіз природних умов району досліджень до руйнування греблі ГЕС, у тому числі геологічної будови, гідрологічного режиму і гідрогеологічних умов. У другому розділі проведено аналіз натурних досліджень та експертних висновків щодо змін гідрологічного режиму, рельєфу, біосфери, а також результати моніторингу території Каховського водосховища після руйнування греблі.

У третьому розділі роботи досліджено ресурси й інфраструктуру для водозабезпечення прибережної зони Каховського водосховища, зокрема, водозабірні споруд у прибережній зоні та стан водозабезпечення і використання водних ресурсів до руйнування греблі ГЕС. У четвертому розділі на основі розрахункової схеми групового водозабору виконано прогностичні оцінки змін гідрогеологічного режиму та водозабезпечення після руйнування греблі ГЕС в умовах водовідбору при зміні берегової лінії. При цьому використано результати супутникових знімків рельєфу поверхні з бази даних NASA.

До недоліків роботи можна віднести не зовсім чітку локалізацію ділянки, до якої відноситься опис геологічних та гідрогеологічних умов. Але, зважаючи на методичну орієнтацію роботи, це не знижує загальну позитивну оцінку роботи.

Кваліфікаційна робота написана грамотною мовою, оформлена відповідно до вимог, має практичну значимість.

Кваліфікаційна робота Короткої В.О. відповідає вимогам до рівня вищої освіти за НРК та компетентностям ОПП «Геологія, гідрогеологія, геофізика» і заслуговує оцінки «відмінно», а її автор Коротка В.О. – присвоєння кваліфікації магістр за спеціальністю «Науки про Землю» (ОПП «Геологія, гідрогеологія, геофізика»). Рекомендована оцінка кваліфікаційної роботи – 92 балів.

Рецензент:

Доцент кафедри геології та розвідки родовищ корисних копалин, канд. геол. наук, доц.

Козій Є.С.

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи магістра

студента (ки) групи 103м-22-1
(шифр групи)

Короткої Владислави Олександрівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

Назва роботи: «Гідрогеологічний та гідрологічний режими території Каховського водосховища після руйнування греблі ГЕС та оцінка можливостей місцевого водозабезпечення»

Науковий керівник проф. Рудаков Д.В.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl «StrikePlagiarism»	Unichек	
	Оригінальність	72
Схожість	28	

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховання недобросовісних запозичень.

Науковий керівник

проф. Рудаков Д.В.

Нормоконтролер

доц. Деревягіна Н.І.

Зав. кафедри

доц. Загриценко А.М.

_____ (дата)

Додаток Г

Водогосподарський баланс для р. Дніпро від греблі Дніпровського водосховища до греблі Каховського

водосховища (код М5.1.3.26) при 95% забезпеченості стоку

(назва водогосподарської діяльності)

Складові водогосподарського балансу	Розрахункові інтервали часу водогосподарського року (місяць/дні)											
	I 31	II 28	III 31	IV 30	V 31	VI 30	VII 31	VIII 31	IX 30	X 31	XI 30	XII 31
I. Прибуткова частина												
1. Об'єм стоку, що надходить за розрахунковий період з розташованих вище ВГД, $W_{\text{вх}}$, млн куб. м	2298,9330	2330,2446	2911,9818	3831,5550	2784,2633	2694,4483	1915,7775	1660,3405	1483,1826	1941,3212	2224,7739	2298,9330
2. Об'єм стоку, що формується на розрахунковій ВГД (бівний приплив), $W_{\text{об}}$, млн куб. м	139,9514	142,3810	144,0348	946,8534	248,6196	-530,9221	-425,3483	-372,1814	-259,3698	225,6694	-83,1015	185,1158
3. Об'єм водозбору з підземних водних об'єктів, $W_{\text{пзв}}$, млн куб. м	4,9090	4,4940	5,0450	5,1950	4,6960	5,6720	5,6610	5,8780	5,6360	5,2230	4,8160	4,9060
4. Об'єм зворотних вод на розрахунковій ВГД, $W_{\text{зв}}$, млн куб. м	73,6080	73,6080	73,6080	73,6080	73,6080	73,6080	73,6080	73,6080	73,6080	73,6080	73,6080	73,6080
5. Додатковий об'єм води на ВГД (зовнішні та внутрішньобасейнові перекидання), $W_{\text{дог}}$, млн куб. м	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6. Спрацювання (+), наповнення(-) ставків та водосховищ, $\pm \Delta V$, млн куб. м	0,0000	0,0000	-4,5850	-4,5850	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	4,5850	4,5850	0,0000
7. Усього по прибутковій частині (наявні ресурси), млн куб. м	2517,4011	2525,7276	2942,0150	2958,9196	2314,9477	2242,8062	1569,6982	1366,6718	1303,0768	1799,7178	2224,6834	2562,6226
II. Витратна частина												
8. Втррати на додаткове випарювання та льодотворення з водосховищ (з урахуванням повернення води від розтавання льоду), $W_{\text{вп}}$, млн куб. м	0,0000	0,0000	4,7225	4,7224	4,7224	4,7224	4,7224	4,7224	4,7225	4,7225	4,7225	0,0000
9. Фільтраційні втрати з водосховищ, $W_{\text{ф}}$, млн куб. м	30,8518	30,8518	30,8518	30,8518	30,8518	30,8518	30,8518	30,8518	30,8518	30,8518	30,8518	30,8518
10. Зменшення стоку річки, викликане заборою гідравлічно зв'язаних з нею підземних вод, $W_{\text{з}}$, млн куб. м	0,8345	0,7640	0,8577	0,8832	0,9683	0,9642	0,9624	0,9988	0,9615	0,8964	0,8191	0,8442
11. Перекидання частини стоку за межі розрахункової ВГД, $W_{\text{пер}}$, млн куб. м	12,6000	12,6000	12,6000	12,6000	12,6000	12,6000	12,6000	12,6000	12,6000	12,6000	12,6000	12,6000
12. Забір поверхневих вод, $W_{\text{вкр}}$, млн куб. м	73,9600	72,8900	80,8400	89,9300	142,1000	114,7000	122,8000	138,0000	120,9000	97,5500	84,7600	75,6500
13. Мінімальний екологічний стік у замкненому створі, $W_{\text{е}}$, млн куб. м	878,5152	2247,4368	1015,1136	603,9360	578,5344	518,4000	699,0624	779,4144	894,2400	991,0080	1314,1440	2209,6800
14. Усього по витратній частині (наявні потреби), млн куб. м	996,7615	2364,5426	1144,9856	742,9234	769,7770	682,2385	870,9990	966,5874	1064,2758	1137,6287	1447,8974	2329,6260
III. Результати балансу												
15. Дефіцит водних ресурсів (-) на ВГД, млн куб. м	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
16. Резерв водних ресурсів (+) на ВГД, млн куб. м	1520,6395	161,1850	1797,0295	2215,9962	1345,1708	1560,5677	698,6991	400,0844	238,8010	662,0891	776,7860	232,9966
17. Транзит стоку на розташовану вище ВГД з урахуванням мінімального екологічного стоку у замкненому створі, млн куб. м	2399,1547	2408,6218	2812,1481	2819,9322	2123,7052	2078,9677	1397,7615	1179,4988	1133,0410	1653,0971	2090,9300	2442,6766



КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

The logo is a circular emblem with a light blue background. The top half features a stylized cityscape with a crane and buildings. The bottom half shows a cross-section of the Earth with a grid of latitude and longitude lines, two vertical wells, and a hammer and pickaxe symbol. A large blue arrow curves from the bottom right towards the center.