

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Факультет геології, географії, рекреації та туризму  
Кафедра фундаментальної та прикладної геології

*До захисту перед ЄК допущено*  
*В.о. зав. кафедри \_\_\_\_\_ доц. Петік В.О.*  
*«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 року*

**«Геологічна будова та інженерно-геологічні умови території  
розташування Дубосарської ГЕС (Молдова)»**

### **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

Виконав:

студент 2 курсу, група ГЖ-21,  
спеціальність 103 Науки про Землю,  
освітньо-професійна програма  
«Інженерна геологія»

**Крисанов Олександр Сергійович**

Керівник:

к. техн. н.,

**Петік Вячеслав Олексійович**

*Кваліфікаційна робота захищена  
з оцінкою «\_\_\_\_\_»*

\_\_\_\_\_ *Голова ЄК Безрук К.О.*

\_\_\_\_\_ *Секретар ЄК Тищенко І.І.*

*«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 року*

## ЗМІСТ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ. . . . .                                                                               | 5  |
| Розділ 1. Фізико-географічна характеристика району. . . . .                                  | 8  |
| 1.1. Рельєф. . . . .                                                                         | 8  |
| 1.2. Клімат. . . . .                                                                         | 11 |
| Розділ 2. Історія досліджень району. . . . .                                                 | 18 |
| Розділ 3. Геологічна будова району. . . . .                                                  | 21 |
| 3.1. Стратиграфія та літологія. . . . .                                                      | 21 |
| 3.2. Тектоніка, неотектоніка та сейсмічність. . . . .                                        | 29 |
| 3.3. Геоморфологічні особливості району. . . . .                                             | 31 |
| 3.4. Історія геологічного розвитку району. . . . .                                           | 37 |
| 3.5. Забезпеченість будівництва природними мінеральними<br>будівельними матеріалами. . . . . | 41 |
| Розділ 4. Гідрогеологічні умови району досліджень. . . . .                                   | 43 |
| Розділ 5. Обсяг та методика виконаних робіт. . . . .                                         | 50 |
| Розділ 6. Інженерно-геологічні умови проєктованих споруд. . . . .                            | 52 |
| 6.1. Основні становища проєкту. . . . .                                                      | 52 |
| 6.2. Основні проблемні питання щодо будівництва ГАЕС. . . . .                                | 52 |
| 6.3. Питання водоутримуючої здатності верхової водойми ГАЕС. . . . .                         | 53 |
| 6.4. Оцінка стійкості берегового схилу ГАЕС. . . . .                                         | 57 |
| Розділ 7. Фізико-механічні властивості ґрунтів. . . . .                                      | 58 |
| 7.1. Фізико-механічні властивості ґрунтів. . . . .                                           | 58 |
| 7.2. Фільтраційні властивості ґрунтів. . . . .                                               | 61 |
| Розділ 8. Характеристика інженерно-геологічних умов окремих споруд . . . . .                 | 66 |
| 8.1. Верхова водойма. . . . .                                                                | 66 |
| 8.2. Напірно-станційний вузол ГАЕС. Споруди проєкту<br>розширення ГЕС. . . . .               | 71 |
| Висновки . . . . .                                                                           | 76 |
| Список використаних джерел. . . . .                                                          | 79 |

## РЕФЕРАТ

Диплом містить **85** сторінок, включає **8** розділів, **4** рисунки, **8** таблиць та **30** джерел за переліком посилань.

*Об'єктом дослідження* є геологічне середовище території Дубосарської ГЕС у межах Дністровського басейну. Предметом дослідження виступають інженерно-геологічні, геоморфологічні та гідрогеологічні умови ділянки, що визначають можливість будівництва гідроакumuлюючої електростанції та впливають на стійкість берегових схилів.

*Метою роботи* є комплексне інженерно-геологічне оцінювання території Дубосарської ГЕС, включаючи аналіз геологічної будови, властивостей ґрунтів, гідрогеологічних умов і стану схилових систем, з подальшим обґрунтуванням їх придатності для будівництва та експлуатації гідротехнічних споруд.

У дослідженні застосовано *методи* інженерно-геологічного аналізу, морфометричних побудов, лабораторного визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів, гідрогеологічного аналізу та математичного моделювання стійкості схилів. Використано сучасну інженерно-геологічну апаратуру для визначення гранулометричного складу, щільності, вологості, меж пластичності, показників міцності та фільтраційних характеристик ґрунтів. Розрахунки стійкості виконано за загальноприйнятими методиками круглоциліндричних поверхонь ковзання.

У ході роботи отримано *нові дані* щодо стратиграфічної будови та фізико-механічних властивостей ґрунтового масиву берегових схилів Дубосарської ГЕС. Виявлено параметри, що найбільше впливають на формування потенційно небезпечних зсувних поверх, оцінено граничний стан схилів і визначено ділянки з підвищеним ризиком деформацій. Уточнено гідрогеологічну схему району з урахуванням можливого впливу майбутньої ГАЕС на фільтраційний режим та рівень підземних вод.

*Результати роботи* можуть бути застосовані в галузі проєктування гідротехнічних споруд, інженерного захисту територій, моніторингу

геодинамічних процесів, а також під час створення локальних і регіональних інженерно-геологічних моделей схилових систем.

Оцінка економічної ефективності показує, що своєчасне визначення небезпечних ділянок і раціональне проєктування споруд на основі отриманих даних дозволяють мінімізувати збитки, пов'язані з аваріями та деформаціями, а також скоротити витрати на подальші ремонтно-підсилювальні роботи. Використання моделей стійкості схилів сприяє оптимізації конструктивних рішень і підвищенню довговічності гідротехнічних об'єктів.

Робота має *практичне значення*, оскільки забезпечує науково обґрунтовану оцінку інженерно-геологічних умов території ГЕС і створює основу для безпечного проєктування ГАЕС. Зроблені висновки дозволяють прогнозувати поведінку ґрунтового масиву в умовах зміни гідродинамічного режиму та визначати найбільш ефективні заходи інженерного захисту.

*Перспективи подальших досліджень* пов'язані з розробленням детальної числової 3D моделі схилів, застосуванням геофізичних методів для уточнення глибинних структур, удосконаленням прогнозних моделей зсувних процесів та оцінкою довгострокового впливу гідротехнічних споруд на геологічне середовище.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ, ГІДРОГЕОЛОГІЯ, СТІЙКІСТЬ СХИЛІВ, ДУБОСАРСЬКА ГЕС, ГАЕС, ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ, ЗСУВИ.

## ВСТУП

Будівництво та експлуатація гідротехнічних споруд є складним інженерно-геологічним завданням, яке потребує всебічного дослідження геологічного середовища, прогнозу геодинамічних процесів та оцінки впливу майбутніх об'єктів на природні умови території. У межах Дністровського басейну гідротехнічні споруди відіграють важливу роль у забезпеченні енергетичної безпеки, регулюванні стоку, водопостачанні та зниженні паводкових ризиків. Одним із ключових об'єктів є Дубосарська ГЕС, територія якої характеризується складною геологічною та інженерно-геологічною будовою, активним розвитком екзогенних процесів, наявністю тектонічних порушень та специфічними гідрогеологічними умовами.

Актуальність теми зумовлена необхідністю інженерно-геологічного обґрунтування нових гідроенергетичних проєктів у районі ГЕС, зокрема спорудження гідроакumuлюючої електростанції (ГАЕС). Проєктування таких об'єктів потребує системного аналізу геологічних розрізів, вивчення водоносних горизонтів, оцінки фізико-механічних властивостей ґрунтів, стійкості схилів та фільтраційних характеристик порід. Критичний аналіз сучасного стану інженерно-геологічного вивчення території свідчить про наявність низки спірних і недостатньо досліджених аспектів, серед яких: межі та структура водоносних комплексів, сучасна активність геодинамічних процесів, ступінь зсувної небезпеки, та можливий вплив ГАЕС на діючі споруди Дубосарської ГЕС. Розв'язання цих проблем є важливим для забезпечення надійної та безпечної роботи гідротехнічних споруд, а також для зменшення техногенної та природної небезпеки регіону.

**Метою кваліфікаційної роботи** є комплексне інженерно-геологічне вивчення території Дубосарської ГЕС з оцінкою гідрогеологічних умов, фізико-механічних властивостей ґрунтів та стійкості схилів для обґрунтування можливості проєктування та будівництва ГАЕС.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати такі **завдання дослідження**:

1. Проаналізувати фізико-географічні умови досліджуваного району.
2. Узагальнити історію геологічного та інженерно-геологічного вивчення території.
3. Охарактеризувати стратиграфію, літологію, тектоніку, геоморфологію та історію геологічного розвитку району.
4. Дати оцінку гідрогеологічним умовам, визначити водоносні горизонти та їх фільтраційні властивості.
5. Встановити особливості інженерно-геологічних умов у зоні проєктованих споруд.
6. Проаналізувати фізико-механічні властивості ґрунтів, їхню стійкість, несучу здатність та фільтраційні характеристики.
7. Виконати розрахунок стійкості берегових схилів у районі діючої ГЕС та майбутньої ГАЕС.
8. Оцінити можливий вплив нових споруд на існуючу інфраструктуру та природні процеси.

**Об'єктом дослідження** є геологічне середовище території Дубосарської ГЕС.

**Предметом дослідження** є інженерно-геологічні, гідрогеологічні та геоморфологічні умови ділянки, що визначають можливості спорудження гідротехнічних об'єктів.

**Теоретичною та методологічною основою** роботи є принципи інженерної геології, гідрогеології, тектоніки, геоморфології, сучасні методи інженерно-геологічних розрахунків, а також дані польових і лабораторних досліджень, отримані під час виробничої практики. Використано методи стратиграфічного аналізу, інженерно-геологічного картування, статистичної обробки даних, геофільтраційних та механічних розрахунків.

**Наукова новизна** роботи полягає у:

- уточненні інженерно-геологічної будови району Дубосарської ГЕС;
- визначенні найбільш перспективних водоносних горизонтів з урахуванням їх фізико-хімічних та фільтраційних характеристик;

- обґрунтуванні сучасного стану та потенційних ризиків зсувних і суфозійних процесів;

- виконанні розрахунків стійкості схилів у межах проєктованої зони ГАЕС.

**Практичне значення роботи** полягає в можливості використання результатів під час проєктування гідротехнічних споруд, оцінки безпеки ГЕС і ГАЕС, розроблення рекомендацій щодо інженерного захисту територій та моніторингу геодинамічних процесів.

**Особистий внесок магістранта** полягає у зборі та аналізі польових матеріалів, виконанні лабораторних досліджень, проведенні статистичної обробки даних водоносних горизонтів, здійсненні інженерно-геологічних розрахунків, складанні профілів і схем, формулюванні висновків та рекомендацій.

Результати дослідження були апробовані під час проходження виробничої практики на кафедрі фундаментальної та прикладної геології, а також представлені на студентській науковій конференції факультету геології, географії, рекреації і туризму Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

## РОЗДІЛ 1

### ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ

#### 1.1. Рельєф

Рельєф Молдавії описували багато дослідників. Розглянута територія переважно розташована на території Східно-Європейської рівнини. Південна її частина належить до Причорноморської низовини.

Характер поверхні Дністровсько-Прутського міжріччя досить різноманітний. Наступний опис рельєфу ґрунтується на районуванні С.С. Орлова, Т.І. Устіновій (1969). Відповідно до цього районування тут виділяються: Придністровська височина, Північно-Молдавська овалова рівнина, Припруцька розчленована рівнина, Центральна Молдовська височина, Південно-Молдавська розчленована рівнина, Баймаклійська височина і Причорноморська рівнина.

Район вишукувань в орографічному відношенні розташовується на стику трьох морфологічних елементів Російської рівнини: Придністровської та Центральної Молдавської височин з півночі та Нижньодністровської рівнини з півдня.

*Придністровська височина* витягнута вузькою смугою вздовж долини Дністра від с. Сокиряни до м. Дубоссари. Вона охоплює вододіли річок Дністра та Кайнара, а далі на південь – Дністра та Реута. Абсолютні позначки поверхні тут переважно коливаються від 200 до 250м, але місцями досягають 300-350м. Рельєф овалуватий. Вододіли широкі, з пологими схилами. Густота розчленування невелика. З горизонтних форм рельєфу переважають балки. Дрібні протоки Дністра у своїх приустьєвих частинах врізаються у вапняки, утворюючи на цих ділянках каньйони. Схили порушені зсувами. Глибина ерозійного розчленування досягає 200-250м, балки врізані на глибину до 50 м. Північні схили річкових долин та балок порізані ярами.

*Центральна Молдавська височина.* Цей геоморфологічний район ділиться на два підрайони: північний (Чулуксько-Солонецька височина) та південний (Корди).

Абсолютні позначки в межах Чулуксько-Солонецького височини досягають 340м. Глибина ерозійного розчленування становить 100-200м. Вододіли широкі, з пологими схилами та плоскими гребенями, витягнутими у субширотному напрямку між правими притоками Реута. На схилах широко розвинені зсуви, що утворюють великі зсувні цирки. Тут також спостерігаються блюдцеподібні западини глибиною до 2-3м. і діаметром до 50м, обумовлені суффізією, що розвивається у четвертинних відкладах. Ці западини зазвичай заболочені.

Корди є найвищою частиною Молдови. Абсолютні позначки поверхні досягають 300-400м, а найвища точка – 429,5м над рівнем моря. корди сильно розчленовані численними річковими долинами та балками. Це надає їм яскраво вираженого гірського вигляду. Долини річок глибоко врізані та у свою чергу прорізаються великою кількістю балок та ярів. Глибина розчленування рельєфу сягає 300м. Вододіли вузькі, схили їх переважно увігнуті, досить круті. У межах аналізованого (району) підрайону великі площі уражені зсувами, які, зливаючись, утворюють великі цирки, що іноді досягають гребенів вододілів. До таких ділянок нерідко присвячені виходи ґрунтових вод, зсуви часто заболочені. Західні схили Корд значно крутіші і коротші, ніж східні. На південь Корди поступово знижуються і на південь від м. Котовська зливаються з Південно-Молдавською рівниною.

*Нижньодністровська рівнина* займає проміжне положення між кордами та низовинною рівниною півдня Дністровсько-Прутського міжріччя. Кордон її з Кордами звивистий і має загальний напрямок Карпінери-Котовськ-Кишинів і далі на північ до Реута. Південний кордон простягається від Вулканешт через Тараклію, Чадир-Лунгу та Бессарабку. Абсолютні позначки вододілів становлять 160-260м, а глибина ерозійного розчленування – 100-200м. Рельєф цього району порівняно з Кордами складніший. Для нього характерні широкі

овалові вододіли та неглибокі широкі долини, схили яких прорізані короткими ярами та балками. Особливо інтенсивно яри розвиваються у південній частині району, де переважають піщані відкладення. Зсуви розвинені слабше, ніж у Кордах, проте займають значне місце у рельєфі. Заплави річок широкі, на деяких ділянках заболочені. На вододілах, покритих лесовими суглинками, спостерігаються просідання.

*Рельєф у районі Дубосарської ГЕС* представлений височинами, які мають вигляд гряд з абсолютними відмітками поверхні 100-120м, що поступово піднімаються на південь. Гряди прорізані долинами р. Дністра та його великої правобережної притоки – нар. Реута, що впадає в нар. Дністер у нижньому б'єфі Дубосарської ГЕС у 4км. нижче за створу греблі. Річка Дністер на ділянці ГЕС і споруджень, що проектується, має добре розроблену, врізану в глибину більше 100м, коритоподібної форми долину з чітко вираженими терасовими уступами.

Долина нар. Дністер у межах району має чітко виражений асиметричний характер з крутим високим правим берегом висотою понад 70м. і крутістю 10-250 і пологим тирасовим лівим.

Дану частину сучасної долини Дністра загальною шириною близько 1 км на розглянутій ділянці до будівництва Дубосарської ГЕС складали русло шириною 220 м і заплава шириною у правобережній частині 140 м та 450 м у лівобережній.

Після спорудження гідровузла з НПУ 28,0 м, довжиною напірного фронту 950, м і розрахунковим напором 16,3 м, що включив насипні лівобережну і правобережну земляну, руслову наливну греблі, бетонні споруди і відвідний канал, а також використання ґрунтів лівобережжя б'єфе має місце техногенний рельєф, який складає лівобережна заплава шириною 280 м та нижній б'єф Дністра шириною близько 400 м.

Територія порізана дренажними канавами, перетнута рядом ліній електропередач, зайнята численними артезіанськими свердловинами водопостачання м. Дубоссари та іншими спорудами, решта зайнята городами.

Значну роль у формуванні рельєфу схилів та прихилової частини долини Дністра грає сильно розвинена ярово-балкова мережа, а на правобережжі – також зсуви та обвали.

## 1.2. Клімат

Кліматичні умови Молдови характеризуються результатами метеорологічних спостережень, які у мережі Управління гідрометслужби.

Клімат Молдови переважно помірно-континентальний. Зима тут коротка та порівняно тепла, літо тривале та спекотне. Сніговий покрив нестійкий. Розмір радіаційного балансу змінюється у досить вузьких межах, зменшуючись з півдня північ від 40 до 35 ккал/см<sup>2</sup>. Уся територія належить до зони недостатнього зволоження. Середнє значення випаровуваності, за оцінкою АР Константинова та ін, збільшується з півночі на південь від 1300 до 1500 мм/рік, що більш ніж удвічі перевищує річну суму атмосферних опадів. При цьому під випаровуваністю розуміється величина максимально можливого випаровування з поверхні, що підстилає, запаси вологи якої необмежені.

Кліматичний режим формується переважно під впливом сонячної радіації та циркуляції атмосферного повітря. Крім цих регіональних факторів великий вплив на клімат мають рельєф земної поверхні, наявність рослинного покриву, характер ґрунтів, наявність водойм та інженерних споруд. Непостійність цих умов за площею призводить до того, що значення метеорологічних елементів на порівняно коротких відстанях (до кількох кілометрів) можуть суттєво відрізнятися. Причому ці відмінності за своєю величиною можна порівняти з тими, що викликаються регіональними факторами і виявляються на відстані десятків сотень кілометрів.

*Температура повітря.* Середньорічна температура повітря на території скрізь позитивна. Вона збільшується у випадку з півночі на південь від 7,7 до 9,9 °С.

Найнижчі середньомісячні температури бувають у січні – від -30С Півдні до -5,0- 5,2 0С північ від. Негативні середньомісячні температури по всій території спостерігаються з грудня до лютого. Температура зимового періоду вирізняється великою нестійкістю. Дуже часті відлиги. Середня тривалість безморозного періоду змінюється, становлячи від 170 днів північ від міжріччя до 190 – півдні. Останні заморозки настають зазвичай у квітні, але можуть бути у березні чи травні.

Таблиця 1.1

Середньомісячна та середньорічна температура повітря  
у районі досліджень

| Станція<br>(місто) | Місяці |      |     |     |      |      |      |      |      |      |     |      | За<br>рік |
|--------------------|--------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----------|
|                    | I      | II   | III | IV  | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI  | XII  |           |
| Теленешти          | -4,2   | -2,9 | 2,3 | 9,0 | 15,6 | 18,8 | 21,2 | 20,4 | 15,6 | 9,4  | 3,6 | 1,4  | 8,9       |
| Дубоссари          | -3,6   | -2,7 | 2,6 | 9,7 | 16,3 | 19,8 | 22,0 | 21,1 | 16,3 | 10,2 | 3,9 | -0,9 | 9,6       |
| Кишинів            | -3,6   | -2,6 | 2,5 | 9,4 | 15,6 | 19,2 | 21,4 | 20,5 | 15,7 | 10,0 | 3,9 | -1,0 | 9,2       |
| Тираспіль          | -3,2   | -2,3 | 2,6 | 9,7 | 16,2 | 19,5 | 22,0 | 21,0 | 16,2 | 10,3 | 4,2 | -0,6 | 9,6       |
| Карпінени          | -3,5   | -2,4 | 2,9 | 9,7 | 15,9 | 19,2 | 21,4 | 20,6 | 15,9 | 10,1 | 4,1 | -0,9 | 9,4       |

Середня температура березня повсюдно позитивна. Перехід від негативних температур до позитивних починається насамперед у південних районах, та був відбувається північніше. Для весни характерне швидке підвищення температури повітря, інтенсивне прогрівання та просихання ґрунту, особливо на відкритих ділянках.

Від березня до травня наростання температур сягає найбільшої швидкості. У цей період середня температура зростає від 1-2 0С до 14-15 0С на півночі та від 2,3-3,6 0С до 16 0С на півдні.

Влітку температура досить стійка. Її максимальні середні значення приурочені до липня та становлять від 19,5 на півночі до 25 0С на півдні. У вересні температура повітря поступово знижується до 14-17 0С, у жовтні – до 8,3-10,8 0С, а листопаді – до 2,2-4,7 0С. Перші заморозки настають переважно

у жовтні, але можуть бути й у другій половині вересня чи наприкінці листопада.

Слід зазначити, що окремі роки середньомісячна температура може відхилятися від багаторічної середньої до  $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$  взимку і до  $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  влітку. Такі відхилення, втім, досить рідкісні і зазвичай не перевищують зимою  $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , влітку  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Вологість повітря.* Вологість повітря є дуже мінливою характеристикою. Вона сильно варіює залежно від пори року та доби, особливостей рослинного покриву, рельєфу, зволоженості та підстиляючої поверхні та інших факторів.

Середньорічні значення абсолютної вологості (за багаторічний період) зростають від північної частини Дністровсько-Прутського міжріччя до південної з 8,6-8,6 до 9,5-9,9 мбар. Річний хід абсолютної вологості (пружності водяної пари) загалом збігається з перебігом температури повітря. Мінімальне середньомісячне значення вологості посідає січень (від 3,9-4 мбар північ від до 4,5 мбар півдні). До квітня пружність водяної пари зростає відповідно до 5,0-5,5 мбар. У липні вона сягає максимуму – 14,7-19,8 мбар. При цьому на піднесених ділянках вододілів абсолютна вологість зазвичай на 0,5-0,6 мбар менше, ніж у знижених елементах рельєфу.

Таблиця 1.2

## Середня місячна та річна пружність водяної пари, мбар

| Станція<br>(місто) | Місяці |     |     |     |      |      |      |      |      |     |     |     | За<br>рік |
|--------------------|--------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----------|
|                    | I      | II  | III | IV  | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X   | XI  | XII |           |
| Коршени            | 4,2    | 4,4 | 5,0 | 7,1 | 10,8 | 14,3 | 15,4 | 11,8 | 8,8  | 7,0 | 6,5 | 5,2 | 9,1       |
| Дубоссари          | 4,4    | 4,6 | 5,4 | 7,4 | 11,0 | 14,8 | 16,2 | 15,5 | 12,2 | 9,1 | 7,4 | 5,5 | 9,5       |
| Кишинів            | 4,4    | 4,6 | 5,4 | 7,4 | 11,0 | 14,6 | 15,8 | 15,1 | 12,0 | 9,0 | 7,3 | 5,5 | 9,2       |
| Тираспіль          | 4,6    | 4,8 | 5,6 | 7,6 | 11,2 | 14,7 | 16,1 | 15,7 | 12,6 | 9,4 | 7,7 | 5,6 | 9,6       |
| Карпінени          | 4,4    | 4,7 | 5,5 | 7,5 | 11,2 | 14,8 | 15,8 | 15,2 | 12,0 | 8,9 | 7,4 | 5,5 | 9,4       |

Характерно, що у холодні місяці значною зміною температури повітря можуть відповідати невеликі зміни вологості. У теплий період року

відповідність між перебігом температури повітря та перебігом її вологості більш виразне. У серпні вологість дещо нижча, ніж у липні (14,5-16,1 мбар). З вересня вона досить різко зменшується і до грудня зменшується до 5,0-5,8 мбар.

Середньорічна відносна вологість повітря біля межиріччя коливається від 71% до 76%. При цьому явної різниці між її значеннями з південних і північних районів не простежується. У зимові місяці (грудень – лютий) середньомісячна величина відносної вологості максимальна – 81-91%. У теплий період року зменшується, досягаючи мінімуму у травні чи липні (у південних районах) 60-65%.

Мінімальні значення нестачі насичення спостерігаються у зимовий період (0,5-1,1 мбар). З березня недолік насичення збільшується і досягає найбільших значень у липні – серпні: на півночі 7,8-11,0 мбар, а на решті території 11,0-12,5 мбар.

Характеристики вологості повітря за окремими роками можуть дуже істотно відрізнятися від наведених середньорічних значень.

*Вітер.* Розподіл напрямів та швидкостей вітру визначається регіональними баричними процесами, а також рельєфом місцевості. З січня по березень і з травня по вересень у північних і центральних районах території переважають північно-західні вітри, причому в березні, квітні, вересні та жовтні часті також вітри південно-східного напрямку. У листопаді та грудні звичайні південно-східні вітри. У південних районах найчастіше спостерігаються північні вітри. Ці переважаючі румби добре узгоджуються з орієнтуванням річкових долин, спрямованих у північній та центральній частинах міжріччя переважно з північного заходу на південний схід, а у південній частині – з півночі на південь.

Середньорічні швидкості вітру змінюються площею від 2,6 до 4,4 м/сек. Переважно у цих межах спостерігаються значення середньомісячних швидкостей вітру. Найбільшу повторюваність (70-85%) мають вітри слабкі та помірні (до 5 м/сек). Вітри зі швидкістю 6-10 м/сек спостерігаються в холодну

пору року або в перехідні сезони. Швидкості понад 10 м/сек вітри досягають рідко (6-10% випадків).

*Атмосферні опади.* Точність виміру атмосферних опадів суттєво нижча, ніж інших розглянутих вище метеоелементів. Прилади за допомогою яких проводилися вимірювання опадів у мережі метеорологічних станцій, як показали дослідження (1998 р.), не забезпечують достатньо точних оцінок. Основні причини виникаючих при цьому систематичних помилок такі: 1) трансформація повітряного потоку над осадкомером призводить до того, що в нього потрапляє менша кількість опадів, ніж випала б на цю площу в природних умовах; 2) втрати зібраних опадів на змочування осадомірного відра; 3) випаровування з відра за період між випаданням опадів та строком їх виміру. Ці причини призводять до того, що виміряні опади виявляються значно меншими за фактичні.

Нижче дається характеристика атмосферних опадів з урахуванням поправок на вітровий недооблік і змочування відромірного відра, що вводяться до безпосередньо виміряних величин. Сумарна величина цих поправок до величин річних опадів для території, що розглядається, в основному становить 13-17% від виміряних значень.

Випадання атмосферних опадів на території, що розглядається, в основному регулюється циклонічною діяльністю. Крім того, в теплий сезон року на формування опадів істотно впливають внутрішньомасові грозові процеси.

У розподілі річних сум опадів за площею спостерігається закономірність, що виражається у зменшенні кількості атмосферних опадів, що випадають з півночі на південь з 628-560 до 520-427 мм. Чіткість цієї закономірності порушується у зв'язку з неоднорідністю поверхні, що підстилає. Під впливом рельєфу місцевості, характеру рослинності, близькості водойм на території Дністровсько-Прутського міжріччя спостерігається досить строката картина розподілу опадів.

Кількість опадів суттєво збільшується на ділянках, вкритих лісом. На навітряних схилах вододілів опадів випадає більше, ніж на підвітряних. Так, на західних навітряних схилах опадів у середньому на 15-20% більше, ніж на рівнині, а на східних схилах приблизно на 25% менше, ніж у пригірбневих частинах. Дуже значне зростання річних сум опадів у порівнянні з фоном характерне для Корд (метеостанція Корнешти – 650 мм) та Баймаклійських висот (метеостанція Баймаклія – 598 мм). Помітно зменшується кількість опадів поблизу великих водоймищ, наприклад, поблизу р. Дубоссари річна сума атмосферних опадів становить 497 мм, що у 70-80 мм менше фонові.

З грудня до березня на зазначеній території випадають змішані опади – рідкі та тверді. Загальна кількість становить 20-25% від річної суми. Для решти пори року характерні лише рідкі опади у вигляді дощу. Їхня кількість становить 80-85%. У змішаному та твердому вигляді випадає приблизно однакова кількість опадів – по 5-10%.

Найменша місячна сума опадів (27-37 мм) посідає січень чи (у південних районах дослідження) на березень. Місячні суми опадів із січня до березня досить стійкі: різниця між ними не перевищує кількох міліметрів. Максимум посідає червень, і лише крайньому північному заході – на липень (60-80 мм).

Таблиця 1.3

Середня кількість опадів із поправками до показанням осадкоміра, мм

| Станція<br>(місто) | Місяці |    |     |    |    |    |     |      |    |    |    |     | За<br>рік |
|--------------------|--------|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----------|
|                    | I      | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII |           |
| Оргєєв             | 34     | 36 | 36  | 38 | 51 | 74 | 64  | 50   | 36 | 39 | 45 | 37  | 540       |
| Дубоссари          | 33     | 34 | 33  | 34 | 46 | 69 | 60  | 46   | 32 | 35 | 41 | 34  | 497       |
| Григоріо-<br>поль  | 32     | 33 | 30  | 33 | 45 | 67 | 58  | 45   | 31 | 34 | 40 | 32  | 480       |
| Кишинів            | 34     | 35 | 33  | 40 | 51 | 75 | 63  | 49   | 35 | 38 | 43 | 37  | 533       |
| Тираспіль          | 30     | 32 | 24  | 36 | 47 | 72 | 52  | 48   | 36 | 34 | 38 | 44  | 493       |

Найчастіше опади випадають у холодну пору року, а також у травні – червні. Мінімальна кількість днів із опадами відзначається у вересні. Влітку

частота і тривалість опадів менша, ніж в інші періоди року, що пояснюється їх зливовим характером. Холодної пори року властиві затяжні опади невеликої інтенсивності. Загальна тривалість випадання опадів протягом року у середньому становить 700-900 год.

*Сніговий покрив.* Сніговий покрив відіграє велику роль у формуванні стоку та зволоженні ґрунтів. Він сприяє інфільтрації атмосферних опадів та зменшує випаровування. Альbedo свіжого снігу становить понад 70%.

У північній частині міжріччя сніговий покрив виникає зазвичай наприкінці листопада, але в решти території – на початку грудня. Причому терміни появи його сильно змінюються рік у рік. Нестійкість зимових температур призводить до того, що на більшій частині міжріччя не утворюється стійкий сніговий покрив. Під впливом відлиг та рідких опадів сніг періодично тане, зберігаючись лише кілька днів після випадання.

Спад снігового покриву на території, що розглядається відбувається швидше його утворення. Зазвичай до середини або кінця березня сніг тане у всіх районах. Інтенсивність танення значно залежить від місцевих умов: вона падає на закритих знижених ділянках і в лісах і підвищується на відкритих ділянках, що добре прогріваються. Число днів зі сніговим покривом на рік становить від 60-70 на півночі до 34-40 на півдні.

Висота снігового покриву на території невелика. Максимальної потужності сніг сягає у першій половині лютого. Середня з найбільших декадних потужностей снігу на захищених місцях становить 10-25 см, на відкритих 5-20 см. Тільки 10% всіх зим товщина снігового покриву сягає 50 див у північних районах і 20-30 див у центральних і південних. Нагромадженню снігу в полях сприяють заходи щодо його затримання.

Запаси води в сніговому покриві залежить від його товщини і щільності. Найбільші вони на півночі міжріччя (40-52 мм/рік). На піднесеній і лісистій місцевості запаси води у снігу становлять 35-45 мм, але в території – 25-35 мм. Причому як у часі, так і у просторі величина запасів води у снігу надзвичайно мінлива.

## РОЗДІЛ 2

### ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ РАЙОНУ

Ця територія відноситься до досить вивченого в геологічному та інженерно-геологічному відношенні району.

В даний час вона покрита комплексною геологічною зйомкою масштабів 1:10000000; 1:500 000; 1:100 тисяч.

Організаціями управління геології МРСР проводилася систематизація геологічних, гідрогеологічних та інших матеріалів шляхом випуску карт-довідників геологічної та гідрогеологічної вивченості. Ці карти щорічно, аж до 1992 р. поповнювалися новими відомостями та переліком виконаних звітних матеріалів.

Всі ці відомості зберігаються у Молдовському територіальному геологічному фонді.

Перші відомості про геологічну будову досліджуваного району є у Соколова В.А. та ряду іноземних геологів. Більш систематичне вивчення долини нар. Дністер було проведено Свіндовим І.С., Соколовим Н.А., Олексієвим А.К. та ін.

До 1940 р. Вироніковський Р.Р. виконував геологічну зйомку Молдови у масштабі 1:210 000 (1938 – 1940 рр.). Лунсчергаузен Л.В. у своїх роботах висвітлив питання стратиграфії, тектоніки та геоморфології Придністров'я (1938-1940 рр.).

У 1964-66 р.р. Міністерством Геології при Раді Міністрів МРСР на території, що вивчається, проведена комплексна геологічна зйомка масштабу 1:200 000, виконана з урахуванням останніх на той час уявлень про стратиграфію, геоморфологію і тектоніку.

Початок інженерно-геологічних досліджень з метою гідротехнічного будівництва належать до 40-х років. Дослідження в районі Середнього Дністра було розпочато колишнім Укргідепом у 1946 р.

У 1948 р. Укргідеп розпочав детальне вивчення інженерно-геологічних умов створу та чаші водосховища Дубосарської ГЕС, а також детальну розвідку місцевих мінеральних будівельних матеріалів.

У тому ж році ХДУ (Коноваловим Н.М.) було проведено геологічну зйомку чаші проектового водосховища масштабу 1:25 000, а Укргідопом – інженерно-геологічну зйомку ділянки гідровузла в масштабі 1:5 000, а за населеними пунктами в чаші водосховища – в масштабі 1.

На стадії проектного завдання (1948 р.) та технічного проекту (1950 р.) Дубосарської ГЕС було виконано значний обсяг гірничо-бурових, дослідно-фільтраційних, геофізичних робіт.

Результати всіх цих геологічних та інженерно-геологічних робіт наведено у відповідних звітних матеріалах, що зберігаються у ЦДА НТД УРСР (м. Харкова).

У 1978 р. у зв'язку з оцінкою стійкості земляних споруд Дубосарської ГЕС в експлуатаційний період виконано розвідувальні роботи з дослідження ґрунтів основи та тіла замуленої греблі.

У 1978-1981 рр. у межах правобережного примикання греблі Дулосарської ГЕС, у зв'язку з розробкою ТЕО її розширення шляхом спорудження ГЕС – ГАЕС, Укргідропроектотом та субпідрядником – Інститутом геофізики та геології АН МРСР виконано комплекс інженерно-геологічних вишукувань та досліджень з метою:

- оцінки інженерно-геологічних умов заснування окремих споруд ШЕС – ГАЕС;
- Вивчення стійкості правобережного схилу в приплотиновій частині існуючої ГЕС;
- геолого-сейсмічної характеристики території передбачуваного будівництва Дубосарської ГАЕС;
- спілкування відомостей щодо розвідки родовищ будівельних матеріалів у районі Дубосарської ГЕС – ГАЕС.

У зв'язку з ремонтними роботами, реконструкцією Дубосарської ГЕС та різким погіршенням гідрогеологічної обстановки на окремих ділянках лівобережної земляної греблі та прилеглої території останніми роками Укргідропроектм проведено дослідження на промисловому майданчику, ділянці ВАЕС, житловому будинку, напірному водоводі та каналізаційному каналі. дренажу, трансформаторному майданчику, компресорному, лівобережному пристанційному майданчику, роботи із заміни вийшли з ладу та встановлення нових п'єзометричних свердловин, а також інші розвідувальні роботи для вирішення питань забезпечення нормальної експлуатації Дубосарської ГЕС.

Однак усі вищезгадані дослідження, виконані після закінчення будівництва Дубосарської ГЕС (1955 р.), відносяться до правобережного примикання і тіла греблі ГЕС і практично не торкалися ділянок заплави, особливо лівобережної, в нижньому б'єфі ГЕС.

## РОЗДІЛ 3

### ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Стратиграфія та літологія

У структурно-тектонічному плані район робіт знаходиться в межах південно-західного схилу Українського кристалічного щита. Найбільш древніми є кристалічні породи архей-протерозою, що залягають в районі Дубоссарської ГЕС на глибині близько 800 м і перекритих зверху чохлам осадових порід палеозою (Pz) та мезо-кайнозою (Mz – Kz).

У геологічній будові району в межах глибини розвідки 150 м беруть участь мезозойські верхньокремові (K<sub>2</sub>) та кайнозойські неогенові (N) та четвертичні (Q) відкладення.

При цьому на денній поверхні, у глибоких ярах та берегових схилах Дністра оголюються лише верхня частина розрізу корінних порід – відкладення неогенової та чотирирічної систем.

#### *Крейдяна система*

##### *Верхня крейда (K<sub>2</sub>)*

Найбільш давніми відкладеннями, розкритими опорною інженерно-геологічною свердловиною в створі Дубоссарської ГЕС, є верхньокрейдяні, зустрінуті на глибині 63,5 – 144,5 м від рівня Дністра, в межах абсолютних позначок – 51,52 – 130,0 м.

Верхньокрейдяний комплекс представлений світло-сірими та білими крейдяними мергелями з окремими прошарками міцніших різниць.

Пройдена потужність цих відкладень становить 79 м, а повна - приблизно 100 м.

Крейдові відкладення повсюдно перекриті відкладеннями неогену.

##### *Неогенова система (N)*

Відкладення неогенової системи мають суцільне поширення та представлені морськими осадовими утвореннями 2-го середземноморського

(N1m t2) та сарматського (N1 S) ярусів та континентальними відкладеннями пліоценового відділу. Загальна потужність неогенової товщі становить 200 м-коду.

### *Міоценовий відділ - N1*

За даними тієї ж опорної інженерно-геологічної свердловини крейдяні відкладення відокремлюються від сарматських шаром зеленувато-сірої глини з окатаною галькою карбонатних порід. Цей шар потужністю 8 м, зустрінутий на відмітках від -43,5 м до -51,5 м, тобто на глибині 57 м нижче урізу Дністра, є найнижчою частиною товщі неогенових відкладень, що раніше відносилася до другого середземноморського ярусу (N1 m t2).

### *Сарматський ярус (N1 S)*

Відкладення сарматського ярусу поділяються на нижній (волинський) та середній (бессарабський) під'яруси.

### *Нижньосарматський під'ярус (N1 S)*

Вищезгадані зеленувато-сірі глини (N1 m t2) перекриті карбонатними породами нижнього сармату. Розкрита потужність нижньосарматських відкладень складає 40 м-коду.

У межах ярусу та заплави долина Дністра врізана майже до самої покрівлі цих відкладень та від алювію їх відокремлює лише невеликий шар елювіальних мергелів.

Літологічно нижньосарматські відкладення характеризуються наявністю прошарків міцного, іноді кавернозного пелітоморфного та черепашкового вапняку світло-сірого забарвлення серед карбонатних порід перехідного типу – глинистих вапняків, вапняних мергелів, мергелів та глин, а місцями опоковидних порід. Такі прошарки міцних вапняків потужністю до 4 м зустрічаються від позначки 0 до -11 м.

Нижче дна товщі загалом характерне переважання чистих вапняків. У покрівлі нижньосарматських відкладень на абсолютних відмітках від -1 м до

+3 м свердловинами зустрічаються тонкі, потужністю від 1 до 10 см, прошарки темно-сірого бітумінозного, розсланеного вапняку, а за деякими свердловинами - кутистий прошарок тієї ж потужності.

За цим свого роду маркуючим (горизонтам) прошаркам умовно проводиться межа між нижньо- та середньосарматськими відкладеннями.

### *Середньосарматський під'ярус (N1 S2)*

Середньосарматський під'ярус має широке поширення у складі неогенового комплексу. Дрібноводнолагунні утворення середнього сармату складають корінні борти долини Дністра та верхню частину її днища, відрізняються різноманітністю та мінливістю літологічного складу.

У розрізі досить часто виділяється дві пачки: нижня та верхня.

Нижня пачка складає нижню половину схилів та днища долини Дністра в межах абсолютних позначок від 0 до +55- +60 м та генетично представлена морськими утвореннями щодо глибоководних та мілководних фацій. Нижня пачка складена неоднорідною, переважно глинисто-мергелистою товщею з прошарками вапняків та глин загальною потужністю близько 60 м.

Пачка з відмітками + 55 - +6 - м починається шарами блакитно-зеленувато та темно-сірих щільних, високодисперсних глин потужністю 5-7,5 м з прошарками вапняків та мергелів. Нижче позначки +50 м прошарки глин мають лінзоподібне залягання та підлегле значення, а з позначки +30 м повністю заміщаються товщею карбонатних порід, що відрізняються великою неоднорідністю, фаціальною мінливістю та строкатістю.

Переважають глинисті вапняки та мергелі іноді глинисті, близькі до глини, іноді вапняні, що переходять у вапняки. Місцями зустрічаються окремо і слабо доломітизовані прошарки, іноді опоковидні або трешоподібні, карбонатні з добре вираженою тонкою шаруватістю (сланцюватістю).

Такий добре виражений прошарок опоковидних порід (діатолітів) потужністю від 1,5-2,0 м до 7,0 м, що відіграє роль маркованого горизонту, розкрито в нижній частині пачки (абсолютні позначки покрівлі +8,2 – 11,0 м).

У підосві нижньої пачки простежуються шари пухких, пластичних глинистих мергелів, що місцями переходять у глинисті вапняки та мергелісті глини. Найбільшу потужність глинисті мергелі мають правобережному схилі долини р. . Дністер – 22 м.

На лівобережжі вони розмиті та збереглися лише у вигляді пласта потужністю близько 6 м.

Покрівля шару знаходиться на рівні поверхні заплави.

Верхня пачка потужністю близько 40 м представлена переважно дельтовими утвореннями в основному черепашковими та оолітовими вапняками світло-сірими, досить міцними, з рідкісними прошарками зеленувато-сірих і жовтувато-сірих глин, тонкозернистих пісків і пісковиків, невитриманих по потужності та простирання. У підосві пачки в товщі, що безпосередньо залягає над витриманим шаром глин, в інтервалі абсолютних позначок +61 - +68 м вапняки кавернозні. Каверни, розвинені площиною напластування, заповнені зазвичай піщано-глинистим матеріалом.

У зоні вивітрювання поблизу континенту з четвертинними відкладеннями трапляються прошарки вапняно-глинистих пісків, які з дрібних уламків раковин.

У покрівлі корінних порід на контакті з четвертинними відкладеннями вапняки та мергелі сильно вивітрені (елювійовані).

У межах даної частини долини елювіювана зона утворює добре виражений шар (N2-Q), складений глинистими мергелями і вапняками пластичної консистенції, що нагадують глини, серед яких зустрічаються прошарки потужністю 5-10 см щодо міцного вапняку, що виявився більш стійким до вивітрювання і витрачання. В основі правобережного схилу елювій представлений сильно тріщинуватими мергелями, місцями перетвореними на рихляк.

Потужність зони елювію під руслом та заплавою від 0,5 до 3 м, у нижній частині схилу досягає 4 м.

### *Пліоценовий відділ (N2)*

Пліоценові відкладення представлені типово континентальними алювіальними відкладеннями 7 надзапавної тераси. Дністер ( $aN_2^3$ ) та займають значну, найбільш піднесену водороздільну частину території як на лівому, так і на правому берегах долини річки Дністер.

Літологічний склад алювію вивчений на правобережжі у процесі пошуків під верховою водоймою ГЕС – ГАЕС, на лівобережжі – при розвідці родовищ суглинків та піщано-гравійної суміші «В. Фонтан» на південно-східній околиці м. Дубоссари.

Алювіальні відкладення руслової фації представлені пісками, піщано-гравійними та галечниковими відкладеннями товщиною 0,5 – 7,5 м, перекритими суглинно-глинистими відкладеннями запавної фації завтовшки 3-8 м. Загальна потужність алювіальних відкладень становить від 1 до 13,1 м.

### *Четвертинна система (Q)*

Четвертинні відкладення суцільним чохлом перекривають товщу корінних неогенових порід та представлені різноманітними генетичними типами, головними з яких є алювіальні, зсувні, делювіальні, еолово-делювіальні, озерні та техногенні.

Загальна потужність відкладень становить від 2,5 до 26 м-коду.

Зсувні відкладення верхньочетвертинного сучасного віку (др QIII-IV) розвинені в межах правобережного схилу Дністра і представлені нерівномірним чергуванням деформованих схилів і брил, складених суглинками з гравієм і галькою, глинами, мергелями та вапняками, що мають потужність від 6,5 - 26 м.

Делювіальні відкладення того ж віку (d QIII-IV), що прикривають зсувні, мають товщину від 1 до 3 м. Це, в основному, легкі та середні коричневі суглинки та супіски з лінзами та прошарками пісків та глин, включеннями гравію, гальки та уламків корінних порід. На лівобережжі делювіальні відкладення розвинені в межах корінного цоколя та основи другої

надзаплавної тераси, перекриваючи частково та заплаву. Представлені вони тут гравійно-гальковим матеріалом із піщаним, супіщаним та суглинистим заповненням та мають потужність від 1 до 4 м.

Ці ж відкладення прикривають з поверхні корінні цоколі та еолово-делювіальні відкладення більш давніх надзаплавних терас. Тут вони представлені суглинками лісового вигляду, що важко відокремлюються від нижчих еолово-делювіальних відкладень.

*Еолово-делювіальні відкладення* середньо- та верхньочетвертичного віку (eod QII-III) розвинені поза проєктованими спорудами, перекриваючи алювій пліоценової та четвертинних надзаплавних терас. Літологічно вони представлені світло-коричневими та жовтуватобурими із зеленим відтінком лісоподібними суглинками потужністю від 2,5 до 20,5 м.

У межах проєктованих споруд четвертинні відкладення представлені алювіальними, озерними та техногенними відкладеннями.

*Алювіальні відкладення*, складові заплаву і надзаплавні тераси Дністра мають чітко виражену двошарову будову з нижньою - гравійно-гальковою і верхньою - глинисто-суглинистою товщею.

*Алювій III надзаплавної тераси* ( $aQ_{III}^1$ ), що примикає на лівобережжі до заплави, починається гравійно-гальковим шаром потужністю до 7 м, що залягає на абсолютних відмітках від +13 до +21 м на корінному цоколі, складеному глинистим мергелем.

Шар представлений дрібним галечником, що місцями переходить у різнозернисті – дрібнозернисті піски з гравієм та галькою або гравійно-галькові відкладення в супіщаному заповнювачі.

Гравійно-гальковий шар всюди прикритий алювіальними відкладеннями, представленими знизу вгору послідовно складно перешаровуються суглинно-супесчаними відкладеннями товщиною до 7 м і шаром дрібного вапняного піску, місцями глинистого, в нижній частині - з галькою товщиною до 10.

Сучасні заплавні відкладення (а *QIV*) мають найбільше поширення серед алювіальних відкладень нар. Дністер.

Підосва заплавного алювію на лівобережній заплаві знаходиться на відмітках від +1 до +10 м (під підставою схилу I надзапавної тераси). До лівобережної заплави присвячена максимальна товщина алювію до 18 м.

Заплавні утворення представлені чотирма основними різницями: гравійно-гальковим шаром та пісками, перекритими супісками та суглинками. Найбільш витриманим є перший знизу галечниковий шар.

За своїм складом він неоднорідний: переважно переважає дрібна галька і гравій з піщаним заповнювачем; місцями різно- та дрібнозернистий пісок з різними, іноді з невеликим вмістом гравію та гальки. Товщина гравійно-галькового шару зазвичай становить 3-6 м, досягає місцями 9,5 м.

У межах лівобережної заплави гравійно-галькові відкладення догори переходять у дрібні, глинисті піски, місцями супіски з галькою у нижній частині. Піщано-спіщані породи товщиною до 3-3,5 м не мають суцільного поширення, перекриваючи галькову товщу у вигляді великих лінз та прошарків. Піщано-галькові утворення руслової фації повсюдно, за винятком русла, перекриті супіщано-суглинистої товщі запавної фації товщиною від 8 до 12 м. У складі цього шару переважають жовтуваті-бурі, сірі, вапнякові, місцями різною мірою замулені глини. На правобережжі серед глинисто-суглинистих відкладень зустрічаються прошарки мулів завтовшки до 1 м і більше.

У межах лівобережної заплави у зоні варіантів розміщення споруд проекрованої ГЕС суглинки менш однорідні і підстилаються, а місцями перешаровуються з супісками і рідше глинами. Однак як супіски, так і глини, не утворюють гіпсометрично витриманих шарів, а залягають у товщі суглинків на різних відмітках у вигляді великих лінз та прошарків.

Оскільки район, що розглядається, знаходиться в зоні будівництва Дубосарської ГЕС, де проводилося виїмка ґрунтів, планування території і так далі ґрунтово-рослинний шар зберігся лише на окремих ділянках.

*Сучасні озерні відкладення (l QIV).* Шар цих відкладень утворився у верхньому б'єфі Дубосарської ГЕС, у приплотиновій частині Дубосарського водосховища внаслідок його майже 40-річної експлуатації. Він має тут товщину, за даними останніх промірів дна водосховища, від 0,5 до 2 м-коду.

Шар є сірий глинистий мул.

*Сучасні насипні та намивальні техногенні ґрунти (t QIV).* Вони широко поширені в межах території, що вивчається.

Техногенні групи представлені гравійно-гальковим матеріалом із піщаним заповнювачем правобережної намивної греблі, суглинками та глинами правобережної та лівобережної земляних гребель, а також піщаними намивними ґрунтами ділянок замиву штучних виїмок у межах лівобережної заплави. Максимальна товщина намивних та насипних ґрунтів на ділянці греблі досягає 16 м, а піщаних ґрунтів на ділянках замиву виїмок – від 1-2 до 4 м.

### 3.2. Тектоніка, неотектоніка та сейсмічність

Розглянутий район знаходиться в межах південно-західного схилу Українського кристалічного щита та накладеної структури другого (осадового) поверху Молдавської плити. Кристалічний фундамент архей-протезоройського віку за даними ІГГ АН Молдови, залягає на абсолютних позначках 750-850 м. Поверхня фундаменту рівна, зі слабким нахилом на південний захід.

Осадовий чохол Молдавської плити являє собою потужну (до 850-950 м) пачку осадових порід палеозо-мезокайнозойського віку, що залягають зі слабким регіональним нахилом на південний захід під кутом 70, має блокову будову, що відображає її структуру фундаменту. Для нової тектоніки району характерно широкий розвиток розривних порушень. Переважає діагональна система розломів з амплітудою від 2 м до 50 м північно-східного (30-400) та північно-західного (300-3300) простягання.

Одне з таких типових неотектонічних порушень субширотного простягання спостерігається на просторі водороздільного р. Дністер і пониззі нар. Реута, у кар'єрі вапняку, яру східної околиці с. Ракулешути, в оголенні долини нар. Реута на південь від того ж села, а також в яру В. Риля на правому схилі долини р. С. Дністер біля правобережного примикання греблі Дубоссарської ГЕС. Скрізь спостерігається порушене залягання вапняків, їх подрібнення.

Якщо всі підстави вважати, що в межах правобережжя Дністра у безпосередній близькості від правобережного примикання Дубоссарської ГЕС проходить великий тектонічний розлом II-III порядку, що виходить у долину Дністра у нижньому б'єфі ГЕС біля впадання р.Б. Реута у р. Дністер.

Очевидно з цим розломом пов'язане паралельне нар. Дністер напрямом долини річки. Реута в її гирловій частині, а також наявність схилу зсувного правобережного схилу долини річки. Дністер як у приплотинової частини водосховища Дубоссарської ГЕС, так і в нижньому б'єфі гідрозла.

У лівобережному примиканні ГЕС безпосередньо на ділянці споруджень, що проектується, наявність великих розривних тектонічних порушень не встановлено.

Крім тріщин тектонічного походження, виділяється система субгоризонтальних літологічних тріщин та тріщин вивітрювання та розвантаження, що мають різну густоту розвитку та розкриття залежно від глибини залягання порід.

На підставі неотектонічної карти масштабу 1:1 500 000, складеної ІГР АН Молдови, сумарна деформація земної кори за неоген-четвертинний час у межах розглянутого району виявляється у опусканні із загальною величиною до 100 м.

За результатами Державного високоточного нівелювання ділянка середнього Придністров'я нині зазнає загального регіонального підняття зі швидкістю 1-2 мм на рік.

За даними карти загального сейсмічного районування СРСР і СНіП 11-7-81 територія знаходиться в зоні семибальної сейсмічності.

Мікросейсморайонування правобережжя Дністра на ділянці правобережного примикання греблі Дубосарської ГЕС, виконане Інститутом геології та геофізики АН СРСР та ТЕО розширення Дубосарської ГЕС (1981 р.) показало, що розрахункова сейсмічність території з урахуванням місцевих геологічних та гідрогеологічних умов становить 8 балів.

### 3.3. Геоморфологічні особливості району

Район досліджень розташовується в межах Нижньодністровського підрайону Дністровської терасової рівнини, рельєф якої сформувався під впливом екзогенних факторів і неотектонічних рухів, що мали диференційований характер.

Формування четвертинної долини Дністра на ділянці, що розглядається, відбувалося при безперервному підмиві правобережного схилу, у той час як у лівого схилу відбувається формування ерозійно-аккумулятивних терас.

У сучасний період триває підняття території, формуються заплави річок та днища тимчасових водотоків. Співвідношення алювіальних терас р. Дністер у районі Дубосарської ГЕС таке.

Таблиця 3.1

Співвідношення алювіальних терас. Дністер

| № тераси | Найменування тераси | Вік         | Абс. відм. цоколя, м | Абс. відм. поверхні, м | Район розвитку тераси                              |
|----------|---------------------|-------------|----------------------|------------------------|----------------------------------------------------|
|          | Спіймати            | $Q_{IV}$    | +1 + 3               | +18 + 30               | Каньєн нар. Дністер, лівий та правий береги        |
| I        | Парканська          | $Q_{III}^3$ | -1 + 6               | +15 + 17               | Правий берег                                       |
| II       | Млободзойська       | $Q_{III}^I$ | +21                  | +35 + 45               | Лівий берег                                        |
| III      | Григориспільська    | $Q_{III}^2$ | +34                  | +50 + 55               | Лівий берег                                        |
| IV       | Тираспільська       | $Q_{II}^1$  | +58                  | +60 + 70               | Лівий берег                                        |
| V        | Колікотівська       | $Q_I^{II}$  | +70                  | +75 + 80               | Лівий берег                                        |
| VI       | Михайлівська        | $Q_I^I$     | +75 + 80             | +80 + 90               | Надкам'яна частина долини, лівий берег             |
| VII      | Бомерницька         | $N_2^3$     | +81 + 90             | +90 + 115              | Надкам'яна частина долини, лівий та правий береги. |

При цьому слід зазначити, що I, V та VI тераси на лівобережжі не розвинені.

Основними геоморфологічними елементами району є: вододіл річок Дністер та Реута, схили долини Дністра та четвертинні тераси.

*Вододілом* служить верхньопліоценова VII надзаплавна тераса Дністра. Висота поверхні тераси коливається від +90 до +115, цоколя від +81 до +90 м. Цоколь має слабкий нахил до долини річки. Дністер, у той час як поверхня тераси нахилена у зворотному напрямку і при підході до долини р. Реута розчленована досить складною та густою ярово-балковою мережею. Цоколь тераси складений середньосарматськими вапняками.

Узагальнений розріз алювію тераси і відкладень, що її перекривають, наступний (зверху вниз).

1. Суглинки світло-коричневі, сірі з різними карбонатними включеннями ( $m = 0,5-12$  м).
2. Глини червонувато-бурі, коричневі, у нижній частині із включеннями вторинних карбонатів ( $m = 0,2 - 10$  м).
3. Супісок світло-коричневий, глинистий ( $m = 0,5-2$  м).
4. Піски різнозернисті, у верхній частині - піски середньозернисті та дрібнозернисті ( $m = 1,1 - 3$  м).
5. Гравій, галечник, крупнозернистий пісок ( $m = 1,5 - 3,5$  м).

*Схили долини річок Дністра та Реута.* За переважним процесом, що сформував схил, виділяються ерозійно-денудаційні висотою до 80 м і ерозійно-аккумулятивні схили висотою до 40 м. До першого типу відносяться підмивні не терасовані схили річок Дністер і Реута, до другого - схил тер. Реута. Схили першого типу пологі (12 – 150) та середньої крутості (до 300), другого типу 0 дуже пологі (5 – 70). Схили мають подібну геологічну будову та характер обводненості. Корінні породи представлені відкладеннями середньосарматського ярусу неогену: у верхній частині розрізу залягають черепашково-оолітові вапняки з прошарками глин і мергелів, нижче мергелі з прошарками глин, вапняків. На межі цих товщ, на абсолютних відмітках +50 + 65 м, виділяється прошарок глини, що легко деформується, який негативно впливає на стійкість схилів і є основним деформуючим горизонтом (ОДГ).

Схили обводнені у верхній частині, до покрівлі ОДГ і нижче за відмітки +27 +30 м. На поверхні ерозійно-денудаційних схилів розвинені зсувні та

обвальні накопичення, делювіальні суглинки на поверхні ерозійно-аккумулятивних схилів – делювіальні суглинки до 12 м.

*Четвертинні тераси* розвинені в долинах річок Дністер та Реута.

Надзаплавні ерозійно-аккумулятивні тераси розвинені на лівобережжі нар. Реута та східної частини району проведення робіт. Цоколями служить мергеліста товща середнього сармата. За даними Укргідропроєкту, тут виділяють три тераси – перша (верхньочетвертинна) з відмітками поверхні +20 +25 м, цоколя з позначкою +13 м, друга та третя (середньочетвертинні) з позначками поверхні відповідно +25 +30 м та +30 +60 м і цоколь +19.

Виділяють дві надзаплавні тераси: перша з відмітками поверхні +18 + 38 м та цоколя з відмітками +14 +18 м; другу з відмітками поверхні +30+45 м, цоколя на позначках +25+32 м.

Алювій першої тераси представлений піском та гравійно-гальковими відкладеннями з поверхні перекритими супісками та важкими суглинками загальною потужністю до 13 м.

Алювій другої тераси (згори донизу): 1) піски сірувато-жовті, = дрібні, горизонтально шаруваті,  $m = 0,4$  м; 2) дрібні піски, насичені уламками перемитої фауни – 0,1 м; 3) піски середньозернисті, глинисті, місцями залізні, 0,2 -0,3 м; 4) піски сірувато-жовті, дрібні та середні, косослоїсті, діагонально шаруваті з дрібними уламками перемитої фауни – 1,2 м; 5) галечники, стан переважно з окатаних уламків вапняку, галечника, кремнію, 0,2 – 0,3 м.

Поверхня заплави знаходиться на позначках +14+15 м у долині річки. Реута та на позначках +13+18 м у долині річки. Дністер. Заплава нар. Дністер розвинена нижче греблі Дубосарської ГЕС до гирла р. Реута. На цій ділянці виділяють першу надзаплавну терасу з цоколем нижче за рівень річки на відмітках 0 + 6м. Розріз алювію зверху донизу: 1) суглинки темно-коричневі до 5 м; 2) мули сірувато-коричневі, залізні, з органічними залишками 0,5-3,6 м; 3) глина жовто-коричнева, внизу піщаниста, 2-4 м; 4) супісь блакитно-сіра з рідкою галькою та гравієм – 0,8 м; 5) пісок середній та різнозернистий з галькою та гравієм 1,5-2,0 м; 6) гравій та галечник 2-3 м.

*Сучасні геологічні явища.* Переважаючими геологічними процесами на ділянці робіт є вивітрювання та розвантаження корінних порід, площинний змив та ерозія, гравітаційні процеси на схилах та у невеликому обсязі карст.

Таблиця 3.2

## Класифікація сучасних геологічних процесів

| Найменування процесу                              | Ділянка розвитку                                                                                                                                     | Форми прояви                                                                                | Інженерно-геологічна оцінка                                                                        |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вивітрювання та руйнування корінних порід         | Корінні схили                                                                                                                                        | Розвиток тріщинуватості, дизінтеграція порід                                                | Зниження властивостей міцності порід                                                               |
| Площинний змив                                    | Делювіальні та зсувні схили                                                                                                                          | Формування делювіального шлейфу                                                             | Розмив покривних споруд та корінних порід та перенесення продуктів розмивав                        |
| Лінійна ерозія                                    | Схили річкових долин                                                                                                                                 | Ерозійні улоговини, промоїни, яри                                                           | Розмив покривних відкладень та корінних порід. Поглиблення ярів провокує розвиток зсувних процесів |
| Гравітаційні процеси                              | Схили річкових долин та ярів                                                                                                                         | Зсуви, обвали, навали                                                                       | Порушення стійкості схилів                                                                         |
| Зародковий лінійний карст закритого типу          | За тріщинами, орієнтованими паралельно схилам Дністра, в товщі відкладів сарматського ярусу поблизу покрівлі слабководоносних шарів (глин, мергелів) | Окремі або групи каверн, невеликі порожнини, частково заповнені піщано-глинистим матеріалом | Зниження властивостей міцності порід та їх водоутримуючої здатності                                |
| Переробка та підтоплення берегів та підмив схилів | Береги Дубоссарського водосховища                                                                                                                    | Абразії та підтоплення берега                                                               | Переформування берегів водосховища та зміна гідрогеологічних умов                                  |

*Оцінка стійкості схилів.* Найбільше інженерно-геологічне значення для споруджень, що проектуються, мають гравітаційні процеси на схилах долин річок і, в першу чергу, зсуви, розвинені на правобережному ерозійно-денудаційному схилі річки. Дністер на ділянці примикання греблі

Дубоссарської ГЕС та його загальну стійкість. Зсувні процеси тут розвинені протягом усього 80-метрової висоти схилу.

Розвинене на схилі зсувне тіло складається з древнього (QIII) зсуву у верхній частині схилу та старого (QIV) – у нижній.

Зсувне тіло потужністю від 10-15 м до 20-25 м у верхній частині складається зі змішаного алювію пліоценової тераси, а далі вниз схилом з великих брил вапняків з суглинистими заповнювачами.

Ложе зсуву вистилають середньосарматські глини (ОДГ) і мергелі, що нижчележать. При відновленні зсувної діяльності в голоцені (QIV) стародавній зсув випробував повторне зміщення. Ложе цього зсуву складають мергелі з прошарками глин, на контакті з площиною ковзання розвинені сильно перемиті глинисто-щебнисті маси потужністю від 1-2 до 7 м, а тіло зсуву складають брили вапняку з суглинистим заповнювачем. Мова зсуву, частково прикрита заплавним алювієм, складають нагромадження брил і великого щебеню.

Після припинення підмиву схилу річки та освіти у його підніжжі природного контрбанку зсувна діяльність стабілізувалася і схил перейшов із стадії усунення в стадію граничної рівноваги.

У процесі розробки ТЕО розширення Дубоссарської ГЕС (1981 р.) Укргідропроєктом та Інститутом геології та геофізики АН Молдови були виконані спеціальні роботи та зроблено розрахунки стійкості правобережного зсувного схилу Дністра на ділянці примикання греблі існуючої Дубоссарської ГЕС, а також ділянок з н.

Оцінка стійкості схилу проводилася стосовно трьох розрахункових випадків: в природних умовах, будівельний період, в процесі експлуатації ГРЕС. При цьому враховувалися різні варіанти положення площини ковзання, варіанти підрізування схилу будівельним котлованом будівлі ГЕС та планування укосу, а також висока сейсмічність території (з урахуванням місцевих геологічних факторів – 8 балів). Результати виконаних розрахунків дозволили зробити такі висновки.

1. У природних умовах правобережний схил долини нар. Дністер у межах зони впливу проектованої ГРЕС залежно від геологічних особливостей конкретних розрахункових діаметрів і становища передбачуваних площин ковзання перебуває у умовах граничного рівноваги ( $K_u = 1,1 - 1,2$ ).

Більш високими значеннями коефіцієнта стійкості характеризуються ділянки схилу, завантажені в підосві сильнішою товщею делювіальних і алювіальних відкладень, що відіграють роль природного баласту. При видаленні останнього у разі штучної підрізки схилу стійкість його знизиться до критичних значень ( $K_u \leq 1,0$ ). З урахуванням фонові сейсмічності району (7 балів) стійкість схилу також зменшується ( $K_u = 1,0 - 1,1$ ).

2. Стійкість схилу при додатковому обводненні знижується; при повному водонасиченні і дії фактора зважування схил переходить у нестійкий стан ( $K_u = 0,85 - 0,95$ ).

3. У будівельний період у більшій частині розглянутих варіантів можливої підрізки схилу при розтині будівельного котловану будівлі ГЕС і з урахуванням сейсмічності схил переходить у нестійкий стан ( $K_u = 1,0$ ).. Стійкість спланованого схилу при видаленні з нього нестійких зсувних мас і порід масиву, значно підвищується і становитиме ( $K_u = 1,06 - 1,3$ ).

4. Стійкість спланованого схилу (укосу) в експлуатаційний період за площинами глинисто-мергелистих прошарків у товщі вапняків з урахуванням впливу чинників розвантаження – розущільнення порід та його додаткового водонасичення загалом досить висока, але коефіцієнт стійкості за всіма розрахунковими поперечниками досягає нормативного значення.

5. Для підвищення стійкості схилу в будівельний та експлуатаційний періоди необхідні додаткові інженерні заходи щодо його зміцнення.

### 3.4. Історія геологічного розвитку

В історії геологічного розвитку території Молдови можна виділити кілька основних етапів із суттєво різними геолого-тектонічними умовами формування геологічної будови цього регіону.

У докембрійський період формувалася південно-західна частина Російської платформи, яка переважно Молдови має архейський фундамент. На півдні Молдови околицях частина Російської платформи консолідувалося трохи згодом і має, мабуть, байкальський складчастий фундамент.

У палеозої, мабуть, з тиверського століття, південно-західна крайова частина Російської платформи зазнала інтенсивного занурення, внаслідок чого створилися сприятливі умови для накопичення потужної товщі морських утворень. Сумарна товщина девонських, кам'яновугільних і пермських відкладень, що збереглися, тут перевищує 2000 м.

У мезозойську еру, особливо в юрський період, південна частина Молдови та прилеглі області України знову зазнали сильного занурення, утворивши Передобружську западину, в якій накопичилися морські відкладення потужністю понад 2,5 тис. м.

Наприкінці юрського та початку крейдяного періодів територія Молдови була знівельована. Починаючи з альбського століття, відбувалося нерівномірне її занурення, внаслідок чого в південній частині Дністровсько-Прутського міжріччя утворилася накладена Причорноморська западина, яка існувала аж до палеогену.

Інтенсивний прояв у середньоміоценову епоху альпійського тектогенезу в Карпатському геосинклінальному регіоні вплинув на південно-західну частину схилу Російської платформи, що виразилося у значному її прогинанні та трансгресії моря.

Наявність у комплексі порід бугської гнейсової серії основних інтрузивних порід, плагіогранітів, порід чарнокітового комплексу, посторогенних пегматоїдних гранітів вказує на дуже складні геологічні

процеси, що відбувалися в архейську еру. Слабка вивченість архейських утворень не дозволяє детально охарактеризувати геологічну історію цього періоду.

Рифейський час характеризується опусканням фундаменту території, що знаходиться на північний схід від Скіфської платформи. У початковий період (Каменський час) накопичувалися континентальні вулканічні осадові породи, що збереглися від наступних розмивів у Придністров'ї. Пізніше в могилів-подільський час, територія Молдови занурюється, встановлюється морський режим. Відкладаються мілководні та прибережно-морські теригенні опади, товщина яких місцями сягає понад 70 м. Серед відкладень рифейської групи є перерви в осадонакопиченні, що свідчать про неодноразові трансгресії та регресії морського басейну.

В еокембрії фундамент також неодноразово відчував занурення та підняття. У морських умовах накопичувалася потужна (до 800 м) товща теригенних опадів, представлених пісковиками, алевроитами, аргілітами. Морський басейн біля Молдови в еокембрії був нестійким. Опади, що відкладалися, місцями розмивалися і перевідкладалися. Судячи з потужностей відкладень, що збереглися від розмиву, найбільше занурення зазнала її південно-західна частина.

Відкладення кембрійської системи, представлені аналогами балтійської серії, збереглися лише на півдні Молдови. Даних про поширення морського басейну в північних районах немає, оскільки на початку ордовинської ери, а мабуть, наприкінці докембрія, вся територія була піднята і накопичувалися відкладення, що зазнавали тривалого руйнування.

Наприкінці середнього ордовина море трансгресує та займає центральну та північну частини території. Неглибоке море існує до пізнього ордовина. У цей час відкладаються теригенні освіти.

Наприкінці ордовинського періоду відбувається підняття території, встановлюється континентальний режим, що утримується до силурійського часу.

У ландландське століття, в китайгородський час, відбувається значний прогин фундаменту. Силурійським морем покривається північна та центральна частини Молдови. Морський режим утримується остаточно лудловського століття.

У лудловське століття відбувається деяке усунення морського басейну в південному напрямку. Опускання території відбувається у районах, які раніше є сушею.

У девонський період морський басейн покривав лише південно-західну частину території дослідження. На початку море було ізольованим, унаслідок чого місцями відкладалися лагунні хемогенні утворення. Пізніше в середній і верхньодевонський час територія на південь від сучасного північного кордону Переддобруджської западини зазнавала поступового занурення. Морський режим на півдні Молдавії існував і в кам'яновугільний період.

Наявність потужної товщі пермських хемогенних відкладень вказує на те, що в пермський час у Переддобруджській западині існував морський режим, а прилегла з північного сходу Російська платформа являла собою сушу.

У ранньотріасовий час фундамент у південних районах відчуває знову занурення. Море трансгресує з півдня та утримується аж до пізнього тріасу.

Наприкінці тріасового періоду морський режим у південних районах змінюється континентальним, який по всій території Молдови утримується до нала середньоюрського періоду.

Наприкінці юрського часу територія зазнає підняття. Більшість території Молдови встановлюється континентальний режим. У ранньокрейдовий період морський режим утримується лише на півдні Молдови та у суміжних областях України.

Наприкінці крейдяного періоду, а також на початку палеогенового періоду вся територія Молдови зазнає підняття. Через війну тривалих континентальних умов, що тривали до палеоценового часу включно, денудації

зазнали відкладення крейдового періоду, а північних районах руйнувалися і древні відкладення.

Трансгресія моря виявилася знову в еоценову добу. Морський басейн покривав всю південну та частину центральної частини території.

В олігоцену епоху море скорочується на південний схід, північний кордон його, мабуть, проходив лінією Тирасполь – Леово, а південно-західний лінією Готешти – Алуата.

У подільський час морський басейн трансгресував на територію Молдови із заходу, і охоплював лише Припрудьє.

Поступове і нерівномірне прогинання південно-західної околиці Російської платформи в тортонські часи супроводжувалося накопиченням морських утворень, головним чином карбонатних.

Сарматський час характеризується подальшою трансгресією морського басейну Схід.

У меотичне століття морем покривалася невелика територія Півдні Молдови, у якому відкладалися пісковики, глини.

Початок пліоценової доби характеризується незначним опусканням південних районів. На початок середнього пліоцену по всій Молдові встановлюється континентальний режим. Більшість території у середньопліоценовий час була сушею.

Пізньюпліоценовий час характеризувався деяким підняттям суші та подальшим розвитком річкової мережі.

У середньочетвертинне час відбувається підняття центральних та північних районів, посилюється ерозійна діяльність річок, утворюються глибокі врізи долин у корінні породи. На той час належить накопичення лесових утворень, широко розвинених у південних і центральних районах країни.

У пізньючетвертинний час продовжується поступове нерівномірне підняття території з короткочасними зворотними рухами, продовжує формуватися сучасний рельєф Молдови.

### **3.5. Забезпеченість будівництва природними мінеральними будівельними матеріалами**

Для проведення робіт з розширення існуючої Дубоссарської ГЕС необхідні місцеві будівельні матеріали у таких обсягах:

- пісок для бетону та розчину – 300,0 тис. м<sup>3</sup>;
- гравійно-галечникова суміш для забезпечення фільтрів та дренажів – 100,0 тис. м<sup>3</sup>;
- суглинок – 150,0 тис. м<sup>3</sup>.

Оцінка забезпеченості будівництва необхідними природними матеріалами наведена на підставі виконаного в 2000 р. Управлінням геології Молдови узагальнення наявних на той період даних із розвідки родовищ з урахуванням новорозвіданих у наступні роки родовищ.

Проводилася оцінка за родовищами суглинків у радіусі до 20 км від місця майбутнього будівництва, піщано-гравійної суміші – до 90 км, кам'яного матеріалу – до 200 км від знаходження гідровузла. На території, що вивчається, є: одне родовище суглинків і 15 родовищ піщано-гравійних порід, які можуть бути ефективно використані при проведенні запланованого розширення Дубоссарської ГЕС.

У самому ж районі будівництва вже є і розробляються 15 родовищ піщано-гравійних порід, найближче з яких Криулянське (6 км), а найбільш віддалене – Рибницьке. Нині розробляється 6 родовищ: Криулянське, Григопільське, Малаєштське, Колкотівське, Суклейське, Коржівське.

Найбільш доцільним місцем для отримання піщано-гравійних ґрунтів необхідного для проведення запланованого розширення якості є русло річки Дністер у нижньому б'єфі ГЕС.

Потреби у зв'язкових ґрунтах можуть бути також забезпечені за рахунок родовищ, розташованих на ділянці робіт, переважно з корисних виїмок.

### *Ґрунти корисних виїмок*

Корисні виїмки проходять в алювіальних ґрунтах. Ці ґрунти дуже різноманітні за своїм літологічним складом – від легких супісків до важких глин, місцями це ґрунти мулисті. Також зустрічаються піщані та великоуламкові різниці.

## РОЗДІЛ 4. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ РАЙОНУ

Наведена нижче оцінка загальних гідрогеологічних умов району, що вивчається, дана в основному за даними вишукувань Укргідропроєкту до різних стадій проектування Дубосарської ГЕС та матеріалів вишукувань та досліджень до ТЕО розширення Дубосарської ГЕС.

Водоносні горизонти приурочені до корінних порід та алювіальних відкладень Дністра.

У межах практичного впливу існуючих та проєктованих споруд розширення Дубосарської ГЕС поширені такі водоносні горизонти: алювіальний;

- Середньосарматський верхній;
- Середньосарматський нижній;
- нижньосарматський;
- верхньокрейдяний.

*Алювіальний водоносний горизонт* поряд з охарактеризованими нижче сарматськими, є основним у межах аналізованої території. Горизонт приурочений до заплавної тераси Дністра.

Основним водомістким шаром потужністю до 9,5 км (в середньому 5-6 км) є галечник, що залягає в основному на основі алювіального комплексу. У руслі гальковий шар перекривається дрібними пісками потужністю до 3,5 м, через які алювіальні води безпосередньо повідомляються з річкою. Галечник перекривається пилюватими суглинками з прошарками важких супісків, а в нижній частині - дрібними супесями за своїм складом і своїми властивостями близькими до пилюватого піску.

Нижнім водотривом у районі заплави та русла є глинисті піщані мергелі зони елювію корінних порід. У примиканні до корінного борту долини водотрив відсутня, внаслідок чого живлення алювіального горизонту здійснюється за рахунок вод середньо- та нижньосарматського горизонту. Поряд з ними у харчуванні беруть участь атмосферні опади, які

інфільтруються через покривні суглинки та супіски. Під час паводків із ґрунтовими водами заплави змішуються води річки Дністер, що підпирають їх. У підрусловій смузі таке змішування відбувається безперервно.

Алювіальні води мають вільне дзеркало, що розташовується в межах, залежно від рельєфу поверхні заплави, на глибині від 3 до 7 м. При середньому межі для заплави на позначці 12,5 м і при покрівлі водотрива в середньому на позначці +1,5 м потужність алювіального горизонту становить близько 1

Рівень режиму водоносного горизонту в нижньому б'єфі Дубосарської ГЕС знаходиться в прямій залежності від режиму роботи ГЕС і визначається рівнем води в каналі, що відводить, і в р. Дністер.

Свердловини, що знаходяться в межах до 100 м від урізу води в каналі і Дністра, що відводить, реагують на зміну рівня практично миттєво (до одного дня), а більш віддалені - із запізненням на десять, максимум двадцять днів.

У міру віддалення від річки зменшується і річна амплітуда: понад 4 м по свердловинах поблизу річки і менше 3-х м по свердловинах, що віддаляються від річки на 380-400 м углиб заплави.

Водообильність відкладень змінюється у межах. Поблизу русла та водосховища питомий дебіт свердловин у гравійно-галечникових відкладах сягає 37 л/с, інших площах 0,2-0,85 л/с.

За хімічним складом алювіальні води гідрокарбонатні та гідрокарбонатно-сульфатні, магнієво-кальцієві та кальцієво-магнієві, прісні та слабосолонуваті, з сухим залишком 0,7-1,42 г/л.

Алювіальні води в основному не агресивні, окремі проби показують слабку та середню вуглекислу агресивність по відношенню до бетону марки W-400 за водопроникністю (СНІП 2.03.ІІ-35).

У межах земляних споруд Дубосарської ГЕС обводненими є техногенні (насипні) ґрунти, якими складено греблю, пристанційний майданчик та інші споруди. Цей техногенний водоносний горизонт, що сформувався в результаті фільтраційних витоків з Дубосарського водосховища в нижньому б'єфі через тіло земляної греблі, поширений лише в межах насипних ґрунтів

вищезгаданих споруд, зливаючись на нижньому укосі греблі з водами алювіальних відкладень.

*Перший середньосарматський водоносний горизонт* присвячений верхньому комплексу відкладень середньосарматського под'ярусу. Вище створа греблі водосховища в бортах (греблі) долини Дністра води цього горизонту простежуються на висоті 100 м і над урізом річки.

У районі вузла споруд горизонт розкритий свердловиною у вапняках та пісковиках корінного цоколя правобережної VIII надзаплавної тераси на значно нижчих відмітках, близько 85 м. На лівому березі цей горизонт використовується місцевим населенням для побутових потреб. Криниці маловодні, часто зовсім пересихають.

*Другий середньосарматський водоносний горизонт* приурочений до нижньої пачці середньосарматського под'ярусу, представленої переважно глинистими різницями мергелів з прошарками глин і тріщинуватих вапняків або міцних місцями опокоподібних мергелів. Через переважання слабоводопроникних порід (глинистих) для цієї товщі характерна нерівномірна водонасиченість, наявність необводнених або слабообводнених зон та розшаровування підземних вод на окремі горизонти.

Горизонт безнапірний, область живлення, завдяки розвиненій яружній мережі, в районі Дубосарської ГЕС збігається з його поширенням по обох бортах річкової долини. Режим його показує сезонну залежність від кількості опадів, що випадають.

На лівому березі найбільш віддаленої від свердловини № 13, розташованої на III-й надзаплавній терасі, вода зустрінута на покрівлі глинистої серії, у вапняках із прошарками глин на позначках близько 52,5 м. Біля села Магала води горизонту зустрінуті на позначках 59,0 м.

Горизонт має значну водорясність тільки у верхніх шарах - в тріщинуватих кавернозних вапняках, над прошарками глин. Глини і мергелі, що підстиляють їх, є практично водотривом.

У свердловинах, розташованих ближче в річці, на другій надзаплавній терасі, рівень води поступово знижується до позначки 29,8-27,7 м. У свердловині, розташованій поблизу брівки тераси, рівень води в межень знижується до позначки 13,5 м. Тут води другого середньосарматського горизонту заплави, безпосередньо пов'язані з річкою.

Таким чином, у межах заплави та першої надзаплавної тераси нижньосарматський та другий середньосарматський водоносні горизонти є єдиним водоносним комплексом, пов'язаним з алювіальними водами та річкою.

Хімічний склад вод середньосарматського горизонту досить одноманітний. Води безбарвні, несмачні, не мають запаху. Сухий залишок всіх проб майже однаковий: 6304 - 7738 мг/л. Сольовий склад також подібний - з аніонів переважають  $\text{HCO}_3$ , з катіонів  $\text{Na} + \text{K}$ .

За Пальмером води відносяться до першого класу - лужних вод. Карбонатна жорсткість у всіх пробах дорівнює незмінній, величина її коливається від 12,49 до 26,2 німецьких град. (4,45 – 9,34 мг-екв/л). Вміст вільної вуглекислоти по-різному – від 5,28 до 71,15 мг/л, але агресивними властивостями води не мають.

*Нижньосарматський водоносний горизонт* відокремлений від верхньокремових водотривними середземноморськими глинами, приурочений до вапняно-мергельної товщі нижньосарматського ярусу (N1S1), що виходить на денну поверхню вище за течією р. Дністер у районі п. Рибниця.

В межах русла та заплави Дністра на ділянці Дубоссарського гідровузла води нижньосарматського горизонту на абсолютних відмітках 3,0+4,0 м перекриті щодо витриманого водотриву, що складається з глинистих та піщаних мергелів, частково віднесених до алювію, частково до корінних порід.

Потужність верхнього водотриву в районі гідровузла не витримана: місцями перевищує 4,0 м-коду, місцями (у верхньому б'єфі) знижується до 0,4 м-коду.

У межах заплави та русла нижньосарматський горизонт має напірний характер, причому п'єзометричний рівень його встановлюється на 0,5 – 1,0 м вище меженного урізу води в річці, в окремих випадках вище за відмітку 14,0 м.

Вглиб берега водотрив виклинюється і горизонт втрачає напірний характер.

Абсолютні позначки п'єзометричного рівня свердловини, що знаходиться на відстані 250 м від основи схилу, становить 14,7 м, на відстані 1700,0 м від урізу сучасної долини – 15,5 м; по свердловинах нижньої частини схилу рівень води постійно знижується до позначки 13,0 м. Градієнт напору становить 0,0014.

В результаті підпору від водосховища з НПУ=27,8 м сформувалася нова депресійна крива нижньосарматського водоносного горизонту: в межах русла і заплави п'єзометричний рівень встановлюється на абсолютних відмітках +14,6 - +17,2 м (дослідження 1999 р.), в корінних сх. Дністер горизонт втрачає напірний характер і рівень його піднімається до абсолютних позначок + 28,0 - +34,0 м, обводючи нижню товщу середньосарматських відкладень.

У межах цієї частини долини (русло, заплава річки) нижньосарматський водоносний горизонт має прямий гідравлічний зв'язок з алювіальним горизонтом і дренується річкою.

Про безпосередній зв'язок між режимом річки та режимом вод нижньосарматського горизонту свідчать дані режимних спостережень як по свердловинах у бортах долини Дністра, так і в межах русла та лівобережної заплави, тобто у зоні напірних вод. Імовірно, існує зв'язок і між горизонтами, укладеними в нижньосарматських і верхньокремових відкладах, так як водотрив, що розділяє їх, фаціально мінливий і на окремих ділянках водопроникний.

За даними досліджень до технічного проекту Дубоссарської ГЕС хімічний аналіз проб нижньосарматського горизонту, відібраних на відмітках -0,87 -46,9 м, показав, що ці води мають наступний склад (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1

Хімічний склад проб нижньосарматського горизонту (мг-екв/л)

| Показник         | Крайні        | Середні | % екв. |
|------------------|---------------|---------|--------|
| Зміст аніонів    |               |         |        |
| HCO <sub>3</sub> | 26,31 - 37,39 | 31,9    | 34,3   |
| Cl'              | 2,23 - 8,13   | 5,2     | 5,6    |
| SO <sub>4</sub>  | 6,67 - 12,22  | 9,4     | 10,1   |
| Зміст катіонів   |               |         |        |
| Ca"              | 11,69 - 21,02 | 16,3    | 15,4   |
| Mg"              | 11,29 - 24,43 | 17,9    | 16,9   |
| K + Na"          | 14,30 - 23,34 | 18,8    | 17,8   |

Вода прозора, із сірководневим запахом. Мінералізація змінюється від 590,0 до 1232 мг/л.

За вмістом основних іонів вода гідрокарбонатно-сульфатна, натрієво-магнієво-кальцієва.

За Пальмером води горизонту відносяться до першого класу (лужних вод). Вміст вільної вуглекислоти змінюється від 99 до 616 мг/л. Водонасиченість сірководнем значна, але менша, ніж у крейдяному горизонті: 15,9 - 73,0 мг/л, і підвищується, як правило, з глибиною.

За 40-річний період існування водосховища у зв'язку із зміною режиму водоносного горизонту змінюється і хімічний склад води.

За аналізами проб, відібраних у жовтні 2003 р., сухий залишок становить 0,7-1,0 г/л, збільшився вміст іонів хлору до 12% екв. та зменшилась кількість катіонів натрію та калію до 1,8 % екв. Таким чином, змінився гідрохімічний тип води: в основному вода є гідрокарбонатною та гідрокарбонатно-хлоридною, кальцієво-магнієвою та кальцієво-магнієво-натрієвою.

Змінився і клас води за класифікацією Пальмера: вода відноситься до третього класу, так як сума відсоток - еквівалентів аніонів сильних кислот

більше від суми відсоток-еквівалентів катіонів лужних металів, але менше суми відсоток-еквівалентів катіонів лужних і лужно-земних металів.

*Верхньокрейдяний водоносний горизонт* приурочений до відкладів верхньої крейди (K2), розкритий свердловиною, розташованої на лівобережній заплаві осі греблі. Верхній водотрив цього горизонту є восьмиметровий шар глин другого середземноморського ярусу (N1mt2), що залягає тут на відмітках -43,5 - 51,5 м.

Водовмісними породами є мергелі палеогену (P), без чіткої межі переходять у мелоподібні мергелі верхньої крейди. Розкрита потужність крейдяних відкладень становить близько 100 м. Нижнім водотривом для цього горизонту є палеозойські глинисті сланці і частково пісковики.

Область живлення крейдяних вод розташовується у хвостовій частині водосховища, де крейдяні породи виходять на денну поверхню і розчленовуються яружно-балковою мережею. Нижче, протягом Дністра, вони перекриваються водотривом і йдуть під уріз річки, внаслідок чого набувають натиску, що зростає в міру падіння шарів.

П'єзометричний рівень цього горизонту при закінченні свердловини на глибині 146 м (абсолютні позначки -130,6 м) досягає позначки +24 м – більш ніж на 8 м вище гирла свердловини і на 1,1 м вище урізу річки.

Вода прозора, несмачна, із сильним запахом сірководню: водневий показник дає лужну реакцію,  $pH = 7,6$ . Води солонуваті на смак (за класифікацією В.Н. Вернадського та І.К. Зайцева), вміст сухого залишку від 12,76 до 22,47 мг/л, як правило, збільшується в міру поглиблення свердловини.

За гідрохімічним типом вода гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридна, натрієво-кальцієва. Карбонатна жорсткість порівняно невисока: 4,26-17,8 ньому. град (1,58 - 6,53 мг-екв/л) і дорівнює загальній жорсткості. Вміст у воді сірководню високий: від 103,8 до 112,4 мг/л.

## РОЗДІЛ 5. ОБСЯГ І МЕТОДИКА ВИКОНАНИХ РОБОТ

Існуюча Дубоссарська ГЕС із встановленою потужністю 44 МВт, введена в експлуатацію у 1955 р., розташована на ділянці нижньої течії нар. Дністер, біля Дубоссари, Молдови.

У зв'язку з потребою народного господарства у збільшенні вироблення електроенергії виникла потреба у розробці заходів щодо розширення діючої ГЕС.

Таблиця 5.1

### Зведення обсягів виконаних робіт

| № п/п                  | Найменування робіт                                          | Од. змін.            | Загальне кількість |
|------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|
| 1.                     | Рекогносцирувальне обстеження                               | п км                 | 40                 |
| 2.                     | Інженерна зйомка М 1:10 000                                 | км2                  | 10                 |
| Геофізичні дослідження |                                                             |                      |                    |
| 3.                     | Сейсморозвідка                                              | п км                 | 4,46               |
| 4.                     | Електророзвідка (ВЕЗ)                                       | п км                 | 37                 |
| 5.                     | Електрокаротаж свердловин                                   | п км                 | 150                |
| 6.                     | Ультразвуковий каротаж свердловин                           | п км                 | 26                 |
| 7                      | Бурові роботи                                               | до-во вкв.<br>п.м.   | 161<br>3760        |
| 8.                     | Проходження шурфів                                          | до<br>шурфів<br>п.м. | 26<br>144          |
| 9.                     | Дослідні наливи та нагнітання                               |                      |                    |
| 10.                    | Експресоткачки                                              | досвід.              | 25                 |
| 11.                    | Відбір монолітів                                            | шт.                  | 600                |
| 12.                    | Відбір проб води                                            | проб                 | 50                 |
| 13.                    | Вивчення фізичних властивостей ґрунтів                      | аналіз               | 550                |
| 14.                    | Визначення міцнісних та деформаційних характеристик ґрунтів | аналіз               | 200                |
| 15.                    | Хімічні дослідження вод                                     | аналіз               | 50                 |

Розширення ГЕС полягає у збільшенні її потужності в піковому режимі роботи до 100-150 МВт із встановленням додаткових гідроагрегатів у

новозбудованій будівлі, а також спорудженні ГАЕС із встановленою потужністю 500-600 МВт.

До комплексу виконаних досліджень входили:

1. Рекогносцирувальне інженерно-геологічне обстеження ділянки проєктованих споруд.
2. Інженерна зйомка масштабу 1:10000.
3. Геофізичні дослідження методами електророзвідки, системорозвідки та каротажу розвідувальних свердловин.
4. Буріння розвідувальних (інженерно-геологічних та гідрогеологічних) свердловин ударно-канатним способом.
5. Геологічне випробування свердловин.
6. Виробництво дослідно-фільтраційних досліджень (дослідні наливи, нагнітання, відкачування).
7. Лабораторні дослідження ґрунтів та води.

## **РОЗДІЛ 6**

### **ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ПРОЕКТОВАНИХ СПОРУД**

#### **6.1. Основні положення**

Проект розширення Дубосарської ГЕС полягає у збільшенні потужності існуючого гідровузла шляхом встановлення додаткових агрегатів у будівлі, що споруджується від 44 мВт до 100-150 мВт у піковому режимі, а також спорудженні нової ГАЕС із встановленою потужністю в межах 500-600 мВт.

За проектом Дубосарська ГЕС призначена для роботи у базисі графіка навантажень Молдавської електросистеми. Однак у процесі її експлуатації з низки причин і залежно від багатоводності періоду року режим роботи ГЕС змінювався. Останнім часом на повну потужність ГЕС використовується тільки в години ранкового та вечірнього піку графіка навантажень, а також у період паводків та в аварійних випадках системи.

#### **6.2. Основні проблемні питання щодо будівництва ГАЕС**

За умовами функціонування та взаємозв'язків з геологічним середовищем комплекс "верхове водоймище (ВВ) – напірно-станційний вузол (НСУ) ГАЕС", представляє єдину систему, але в той же час специфіка його окремих частин (ВВ, НСУ) виступає дуже чітко. Визначальними для ВР є питання гідрогеологічної оцінки основи, а також можливість деформації основи при її замочуванні та прояві просадних властивостей ґрунтів. Визначальними для ділянки НСУ (напірні водоводи, будівля ГАЕС, низовий басейн), що охоплюють схил плато та його підніжжя, є питання стійкості схилу на різних етапах його функціонування).

### **6.3. Питання водоутримуючої здатності верхньої водойми ГАЕС та прогноз зміни гідрогеологічних умов міжріччя Дністер – Реут**

Досвід проектування показав, що одним із найбільш важливих питань при загальній оцінці умов будівництва ГАЕС є з'ясування водоутримуючої здатності основи ВР з двох точок зору:

1. Визначення розмірів фільтрації із ВР.
2. Оцінки впливу фільтраційних втрат на стійкість берегового схилу ділянки ГАЕС, можливості виникнення несприятливих геологічних процесів у масиві основи, які можуть бути причиною різного типу деформацій берегового схилу долини р. Дністер локального чи ширшого діапазону розвитку.

Характерною особливістю геологічного розрізу основи ВР є:

- неоднорідна, складна будова товщі глинисто-карбонатних порід неогену та покривних четвертинних відкладень;
- наявність в товщі корінних порід різного ступеня водопроникності, невитриманих глинистих прошарків, в цілому невеликої потужності (до 5-8 м, зазвичай 1-2 м);
- відносно глибоке залягання регіонального водотриву ( $K_f = 10^{-4} - 10^{-5}$  м/добу).

Як водотрив розглядається прошарок щільних важких глин в товщі відкладень середнього сармата потужністю 5,0 - 7,5 м, покрівля якого залягає на абсолютних відмітках 58-59 м або на 45 м нижче відмітки дна ВР.

Дані проведених досліджень свідчать, що достатнього надземного шару глинистих порід необхідної потужності, який міг би служити природним протифільтраційним екраном безпосередньо на підставі ВР немає. Для використання як природний протифільтраційний екран зазначеного регіонального водотриву необхідно спорудження протифільтраційної завіси з глинисто-цементної або глинистої суміші по периметру ВР до змикання її з водотривом. Однак у даних геологічних умовах, враховуючи глибину

залягання водотриву (50- 55 м) і характер геологічного розрізу вищевказаної товщі, цей варіант на даному етапі технічно важко здійснити, і навряд чи є оптимальним за техніко-економічними показниками. Отже, спорудження ВР Дубосарської ГАЕС можливе за умови створення безпосередньо на його підставі штучного протифільтраційного екрану, достатньо надійного в процесі тривалої експлуатації, з урахуванням можливих екстремальних умов.

Для спорудження штучного протифільтраційного екрану можуть бути використані лісоподібні суглинки та легкі глини корисної виїмки під ВР.

Гарантувати надійність роботи такого протифільтраційного екрану можна за умови якісного укладання ґрунтів, ущільнення їх по всій площі до необхідних значень густини – вологості, захисту ґрунтів від зовнішніх впливів.

Корінний масив міжріччя Дністер – Реут характеризується досить складними гідрогеологічними умовами: нерівномірною обводненістю товщі; наявністю декількох водоносних горизонтів, що мають етапне розташування та нерівномірний розвиток за площею; за умов харчування та дренажу вони гідравлічно тісно взаємопов'язані, утворюють єдиний водомісткий комплекс.

Розглядаються гідрогеологічні моделі ВР для двох розрахункових випадків:

1. У природних умовах.
2. Прогноз зміни гідрогеологічних умов ділянки під впливом інфільтрації води із ВР.

Перший від поверхні водоносний горизонт, невеликий потужності, присвячений піщано-гравійним відкладенням пліоценової тераси на ділянках "острівного" поширення глинистих прошарків у покрівлі середнього сармату. Рівень ґрунтових вод розташовується на позначках 85-89 м. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, дренажується він вапняками, що його підстиляють.

Другий від поверхні водоносний горизонт (верхній горизонт середнього сармату) приурочений до тріщинуватим, різною мірою кавернозним вапнякам потужністю понад 20 м, причому водопроникність верхньої частини вапняків

значно вища, ніж нижня. У вапняках відзначаються лінзи та прошарки глин, унаслідок чого рівень підземних вод зустрінутий на різних відмітках. Нижнім водотривом служать середньосарматські глини потужністю 5-10 м, що залягають на відмітках 50-60 м, тобто значно вище за рівень річкової мережі. Живиться водоносний горизонт переважно за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, а також перетікання вод з алювіально-пліоценового водоносного горизонту та бокового припливу з боку вододілу. Дренується у вигляді джерел, розсіяних виходів у схилових відкладах.

Третій від поверхні водоносний горизонт приурочений до глинисто-карбонатної товщі середнього та нижнього сармату потужністю понад 60 м. Водоносний горизонт має гідравлічний зв'язок з алювіальним водоносним горизонтом річок Дністер та Реут. Живлення його здійснюється за рахунок перетікання води з верхніх водоносних горизонтів через сарматські глини, а також бічного живлення з боку регіонального вододілу. Дренується річками Дністер та Реут. Основою достовірного прогнозу змін гідрогеологічних умов є повний аналіз факторів формування підземних вод. Нижче дається орієнтовна кількісна оцінка умов формування підземних вод у природних умовах та після створення ВР за допомогою балансу підземних вод середньосарматського водомісткого комплексу.

Зважаючи на глибоке залягання рівня підземних вод величина випаровування та транспірації з рівняння виключені. Спеціальні роботи з визначення величини інфільтрації на території не проводилися. Розмір інфільтрації прийнято у вигляді 50% від суми середньорічних опадів.

При середньорічній кількості атмосферних опадів, що дорівнює 440 мм/год, інфільтраційне харчування складе  $W = 6 \cdot 10^{-5}$  м/сут. Інфільтрація опадів дорівнює  $W_0 = 360$  м<sup>3</sup>/добу.

Бічний приплив  $Q_n$  з боку регіонального вододілу за формулою Дюпюї для горизонтального водотриву становитиме  $Q_n = 60$  м<sup>3</sup>/добу.

Прибуткова частина водного балансу дорівнює  $W_0 + Q_n = 420$  м<sup>3</sup>/добу.

Розвантаження верхнього горизонту середнього сармату відбувається шляхом майданного перетікання через сарматські глини, височування на схилі у вигляді джерел або притоку у схилі утворення. Коефіцієнти фільтрації сарматських глин прийнято рівним 10-5 м/сут. У разі підвищення коефіцієнта фільтрації на один порядок (10-4 м/добу) різко підвищується величина перетікання через сарматські глини в водоносний горизонт, що нижче лежить, і відповідно, значно зменшується витрата потоку на схил, що мало ймовірно, так як орієнтовна витрата джерел, що дренують цей водоносний горизонт, становить 2-3 л/сек.

Величину перетікання через сарматські глини визначаємо за формулою Дарсі:  $Q_H = 80 \text{ м}^3/\text{добу}$ .

Перетікання в схилі утворення по контуру водотриву  $Q_0 = 340 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Створення ВР Дубосарської ГАЕС призводить до збільшення інфільтраційного живлення сарматського водоносного горизонту за рахунок втрат фільтрації з водойми.

Внаслідок фільтраційних втрат води з ВР відбудуться суттєві зміни у гідрогеологічній обстановці території: відбудеться підвищення рівня підземних вод, різко підвищиться витрата води за джерелами. Внаслідок додаткового зволоження схильних утворень, збільшення гідродинамічного тиску відбудеться зниження стійкості схилів. У проекті необхідно передбачити захисні заходи щодо перехоплення потоку підземних вод на схил. Вони можуть бути реалізовані пристроєм горизонтальної дренажної штольні, закладеної на покрівлі сарматських глин у межах Дністровського та Реутського схилів міжріччя, створення протифільтраційного екрану на підставі ВР з таким розрахунком, щоб інфільтраційні втрати води з ВР не перевищували природну інфільтрацію атмосферних опадів. Необхідно врахувати можливість водопроявлення на схилі на відмітках підосви алювіально-пліоценового водоносного горизонту.

Води нар. Дністер, що надходять у ВР, гідрокарбонатні, кальцієві із сухим залишком 0,43 г/л. Підземні води верхнього горизонту середнього

сармату гідрокарбонатні, натрієві із сухим залишком 0,7 г/л. При інфільтрації води з ВР відбудеться деяке опріснення підземних вод та зміна його катіонного складу.

Істотних змін у водному балансі нижнього середньосарматського водоносного горизонту не очікується через невелике збільшення його прибуткової частини за рахунок майданного перетікання через сарматські глини.

#### **6.4. Оцінка стійкості берегового схилу ділянки ГАЕС**

Другою важливою проблемою є оцінка стійкості берегового схилу ділянки ГАЕС у зоні впливу ВР, зміна стійкості схилу при його підрізання будівельним котлованом будівлі ГЕС – ГАЕС та в процесі експлуатації ГАЕС.

Загальна оцінка стійкості схилу і, як приватне завдання, укосів будівельного котловану, проводилася на основі матеріалів інженерно-геологічної зйомки масштабу 1:10 000 і гірничо-бурових робіт, комплексних робіт з вивчення геолого-тектонічних і гідрогеологічних умов та розвиток екзогенних процесів у межах досліджуваного району, а також.

## РОЗДІЛ 7

### ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

#### 7.1. Фізико-механічні властивості ґрунтів

Склад, фізичні та механічні властивості ґрунтів ділянки дослідження, що розглядаються, вивчалися лабораторними та геофізичними методами.

Предметом лабораторних досліджень, що проводяться, служили корінні неогенові відкладення нижнього і середнього сармату, а також сучасні четвертинні відкладення і в тому числі техногенні, насипні ґрунти, тіло лівобережної земляної греблі Дубоссарської ГЕС.

За відібраними монолітами та пробами ґрунтів виконано комплекс лабораторних досліджень згідно з чинними нормативними документами. Четвертинні відкладення представлені великою різноманітністю ґрунтів як за генетичними, так і літологічними ознаками. Техногенні ґрунти представлені в основному суглинками, рідше глинами, місцями абостими. Досліджувалися ці ґрунти в тілі греблі, вище за рівень ґрунтових вод техногенні ґрунти, напівтверду і тверду консистенцію, в середньому тверду. Щільність сухого ґрунту коливається від 1,46 т/м<sup>3</sup> до 1,72 т/м<sup>3</sup>, за середнього значення 1,57 т/м<sup>3</sup>. Розрахункові значення опору зсуву цих ґрунтів за повного водонасичення мають значення  $\text{tg } \varphi I = 0,20$ ,  $C = 0,30 \cdot 0,1$  МПа, при природній вологості -  $\text{tg } \varphi I = 0,30$ ,  $C = 0,30 \cdot 0,1$  МПа.

Нижче за рівень ґрунтових вод консистенція коливається від м'яко-пластичної до твердої, в середньому напівтверда.

Щільність сухого ґрунту також змінюється в широких межах – від 1,53 т/м<sup>3</sup> до 1,68 т/м<sup>3</sup> за середнього значення 1,59 т/м<sup>3</sup>. Рекомендовані розрахункові значення опору зсуву  $\text{tg } \varphi = 0,20$ ,  $C = 0,30 \cdot 0,1$  МПа.

Досить висока мінливість щільності сухого ґрунту техногенних відкладень мабуть пояснюється як недоущільнення ґрунтів у тілі греблі, так і різним літологічним складом.

Алювіальні відкладення представлені ґрунтами строкатими за своїм складом та з різними властивостями.

Алювіальні суглинки за своїм складом, станом і властивостями поділяються на три шари: суглинок вище рівня ґрунтових вод, суглинок нижче рівня ґрунтових вод тугопластичної консистенції та суглинок нижче рівня ґрунтових вод м'якопластичної консистенції.

Суглинок вище за рівень ґрунтових вод легкий і середній за своїм складом, напівтвердої та твердої консистенції, малої щільності (щільність сухого ґрунту становить 1,48 т/м<sup>3</sup>). Розрахункові значення опору зсуву цього суглинка в природному стані мають значення  $\text{tg } \varphi = 0,23$ ,  $C = 0,25$  0,1 МПа, при повному водонасиченні  $\text{tg } \varphi = 0,20$ ,  $C = 0,20$  0,1 МПа.

Суглинок нижче рівня ґрунтових вод тугопластичної суміші від легких до важких за своїм складом, а також мінімальної щільності (щільність сухого ґрунту 1,49 т/м<sup>3</sup>). Розрахункові значення опору зсуву для цього суглинка такі:  $\text{tg } \varphi = 0,20$ ,  $C = 0,20 \cdot 0,1$  МПа.

Алювіальні супіски також різні за своїми властивостями на два шари нижче і вище за рівень ґрунтових вод.

Супеси вище за рівень ґрунтових вод твердої консистенції, середнє значення щільності сухого ґрунту становить 1,52 т/м<sup>3</sup>. Розрахункові значення опору зсуву в природному стані дорівнює  $\text{tg } \varphi = 0,40$ ,  $C = 0,08$  0,1 МПа, у водонасиченому стані  $\text{tg } \varphi = 0,32$ ,  $C = 0,05$  0,1 МПа.

Супесь нижче за рівень ґрунтових вод пластична, місцями тягучої консистенції, щільність сухого ґрунту в середньому становить 1,54 т/м<sup>3</sup>.

Розрахункові значення опору зсуву відповідають значенням  $\text{tg } \varphi = 0,32$ ,  $C = 0,05 \cdot 0,1$  МПа.

Алювіальні глини за своїм значенням розділені також на два шари – вище та нижче рівня ґрунтових вод.

Глини вище за рівень ґрунтових вод твердої консистенції, за своїм складом легкі. Щільність сухого ґрунту коливається від 1,24 т/м<sup>3</sup> до 1,49 т/м<sup>3</sup> за середнього значення 1,40 т/м<sup>3</sup>. Розрахункові значення опору зсуву в

природному стані  $\text{tg } \varphi = 0,21$ ,  $C = 0,35 \cdot 0,1$  МПа, у водонасиченому стані -  $\text{tg } \varphi = 0,15$ ,  $C = 0,30 \cdot 0,1$  МПа.

Глини вище за рівень ґрунтових вод напівтвердої консистенції, за своїм складом легкі, іноді зустрічаються важкі різниці. Щільність сухого ґрунту коливається від 1,25 т/м<sup>3</sup> до 1,55 т/м<sup>3</sup>, при середньому значенні 1,44 т/м<sup>3</sup>. Розрахункові значення опору зсуву цих глин такі:  $\text{tg } \varphi = 0,15$ ,  $C = 0,30 \cdot 0,1$  МПа.

Піщані різниці алювіальних відкладень представлені в основному піском пилюватим, рідше дрібним.

Вище рівня ґрунтових вод піски пухкої будови, щільність сухого ґрунту 1,53 т/м<sup>3</sup>. Розрахункові значення опору зсуву цих пісків становлять  $\text{tg } \varphi = 0,53$ ,  $C = 0$ .

Алювіальні великоуламкові відкладення представлені гравійно-галечниковим ґрунтом, міцнісні та деформаційні характеристики якого досить високі. Розрахункові характеристики опору зсуву рани  $\text{tg } \varphi = 0,67$ ,  $C = 0$ .

Алювіальні відкладення корінних порід представлені стану глини вапняками і мергелями з уламками материнських порід. Щільність сухого ґрунту цих відкладень становить 1,24 т/м<sup>3</sup>, розрахункові значення опору зсуву дорівнюють:  $\text{tg } \varphi = 0,50$ ,  $C = 0,25 \cdot 0,1$  МПа.

Корінні відкладення представлені середньосарматськими вапняками та мергелями та нижньосарматськими вапняками з прошарками та лінзами мергелів.

Середньосарматські вапняки дуже низької міцності, мергелі низької міцності. Показники зсуву для вапняку з урахуванням тріщинуватості  $\text{tg } \varphi = 0,50$ ,  $C = 0,30 \cdot 0,1$  МПа, мергелів -  $\text{tg } \varphi = 0,35$ ,  $C = 0,30 \cdot 0,1$  МПа.

Нижньосарматські вапняки за своїми властивостями розділені на дві зони. Зона "А" - вапняки від дуже низької міцності до маломіцних. У розрізі виділено дві такі зони і для них наведено нормативні та розрахункові характеристики. Щільність сухого ґрунту цих вапняків становить 1,66 - 1,75 т/м<sup>3</sup>, тимчасовий опір 38 0,1 МПа, модуль деформації  $E = 5000 \cdot 0,1$  МПа, показники опору зсуву  $\text{tg } \varphi = 0,55$ ,  $C = 0,30 \cdot 0,1$  МПа. Вапняки зони "В") у

розрізі виділені дві такі зони) середньої міцності та міцні та фізико-механічні властивості їх вище, ніж вапняків зони "А". Щільність сухого ґрунту вапняків зони "В" становить 2,30 – 2,37 т/м<sup>3</sup>, тимчасовий опір одновісному стиску у водонасиченому стані 325·0,1 МПа - 357·0,1 МПа, модуль деформації становить  $E = 15000 \cdot 0,1$  МПа, показники сопроотив 0,50·0,1 МПа.

Нижньосарматські мергелі перебувають у пластичному стані і за показниками фізико-механічних властивостей аналогічні мергелям середнього сармату.

## 7.2. Фільтраційні властивості ґрунтів

Для оцінки фільтраційних властивостей ґрунтів використані матеріали дослідно-фільтраційних робіт та лабораторних досліджень, виконаних на різних етапах вишукувань, починаючи від проектного завдання та технічного проекту до ТЕО розширення Дубоссарської ГЕС.

*Водоносність алювіальних відкладів заплави (аQIV)*, що включають суглинки, супіски та гравійно-галькову товщу, випробувані на різних стадіях досліджень досвідченими наливками в шурфи за методом Болдирєва і Нестєрова, лабораторними дослідженнями проб непорушеної структури та експрес-відкачування з одиночних свердловин. Алювіальні суглинки заплави вапняні, пілуваті, мулисті, місцями піщані, у фільтраційному відношенні дуже неоднорідні. При дослідженнях для проекту Дубоссарської ГЕС було рекомендовано коефіцієнт фільтрації 0,4 м/добу; при пошуках 2001 р. було виконано 12 експрес-відкачування на лівому березі, в районі споруд, що проектується. За результатами цих відкачування отримані коефіцієнти фільтрації в межах 0,3 – 2,5 м/добу, середнє значення становитиме 1,0 м/добу.

У зв'язку з цим коефіцієнт фільтрації заплавних суглинків лівого берега рекомендується 0,3 – 1,0 м/добу.

Супеси заплави також неоднорідні за своїм складом та фільтраційними властивостями. Коефіцієнт фільтрації за результатами польових та

лабораторних досліджень змінюється в межах 0,4 – 3,7 м/добу, для легких супісків на стадії технічного проекту Дубоссарської ГЕС прийнято розрахункове значення  $K_f = 5$  м/сут. Для нерозчленованої товщі легких і важких супісків лівобережної заплави з урахуванням даних досліджень 2001 р. рекомендований розрахунковий коефіцієнт фільтрації  $K_f = 102$  м/добу.

Гравійно-галечниковий шар випробуваний кушковими та одиночними відкачками на стадії вишукувань для технічного проекту ГЕС, а також експрес-відкачування на стадії ТЕС. Шар неоднорідний у фільтраційному відношенні, що залежить від положення ділянки в межах заплави, а отже, і кількості тонкої фракції заповнювача. За результатами одиночних та кушкових відкачування, проведених на лівому березі, на заплаві умовно виділяються такі зони водопроникності:

1. Прируслова смуга, шириною до 100 м та коефіцієнтом фільтрації  $K = 160$  м/добу.
2. Для ділянок, розташованих від річки з відривом понад 100 м,  $K = 110$  м/сут.
3. У прихилкових частинах заплави коефіцієнт фільтрації не перевищує  $K = 22$  м/добу.

Рекомендовані значення коефіцієнта фільтрації гравійно-галечникового шару  $K = 100$  м/добу.

Дрібнозернисті, місцями пилюваті піски заплави досвідченими роботами не вивчалися; коефіцієнт фільтрації цього шару за матеріалами минулих років отримано розрахунковим шляхом за формулою Хозена і дорівнював 1-12 м/сут.

У підосві алювіальних відкладень залягає елювіальна товща порід (eN1-Q), представлена пластичними глинистими мергелями та вапняками, що має найбільшу потужність, близько 0,5 - 4,0 м, і невелику водопроникність. За лабораторними даними та за одним наливом у нурф коефіцієнт фільтрації елювію прийнятий рівним 0,5 м/добу; цей шар є відносним водотривом між

водоносними горизонтами алювіальних та нижньосарматських відкладень. По цій стадії досліджень водопровідність елювію не вивчалася.

Таблиця 7.1

## Фільтраційні характеристики ґрунтів

| Назва породи                                                       | Стратиграфічний індекс               | Значення коефіцієнта фільтрації (K, м/сут) за результатами дослідно-фільтраційних робіт              | Рекомендований K, м/добу |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Глина мула                                                         | <i>a QIV</i>                         |                                                                                                      | 10-2 – 10-3              |
| Суглинок місцями мулистий                                          |                                      | 0,007; 0,16; 0,27; 0,35; 0,36; 0,37; 0,40; 0,25; 0,35; 0,37; 0,48; 0,50; 0,74; 0,93; 0,94; 1,8 -2,5  | е0,3 - 0,1               |
| Супесь мулистий                                                    |                                      | 0,4; 1,83; 2,2; по лаб. опр. 0,3; 0,4; 0,6                                                           | 10 -20                   |
| Пісок дрібний і пилюватий                                          |                                      |                                                                                                      | 5,0 - 10,0               |
| гравійно-галечниковий ґрунт із піщаним заповнювачем                |                                      | 35; 100; 135; 163; 238                                                                               | 100 лб.<br>200 лб.       |
| Суглинок з уламками корінних порід                                 | <i>d QIII-IV</i>                     |                                                                                                      | 0,7                      |
| Суглинок                                                           | <i>a Q<sup>1</sup><sub>III</sub></i> |                                                                                                      | 0,2                      |
| Супесь легкий                                                      |                                      |                                                                                                      | 0, 5 - 2,5               |
| Гравійно-галечниковий шар із піском                                |                                      | 22,8; 8,1; 39,4; 13,2                                                                                | 30                       |
| Глиби мергелю та вапняку із суглинистим заповнювачем               | <i>dpQIII-IV</i>                     | 0,02; 0,15; 0,25; 0,6; 0,8; 16,7                                                                     | 0,4 – 3,0                |
| Суглинок                                                           | <i>IO – dQII-III</i>                 | 0,12; 0,2; 0,3; 0,3; 0,36; 0,8; 1,0; 1,0; 1,0; 1,2; 1,3                                              | 0,1 - 0,7                |
| Вапняки та мергелі елювіальні                                      | <i>l (NQ)</i>                        |                                                                                                      | 0,5                      |
| Вапняк, мергель, сильнотріщинуваті кавернозні та зона вивітрювання | <i>NISI-2</i>                        | 20, 25, 65, 80, 216, 900                                                                             | 100                      |
| Вапняк, мергель зони тріщинуватості                                |                                      | 0,01; 0,02; 0,1; 0,1; 0,1; 0,2; 0,4; 0,5; 0,5; 0,8; 1,0; 1,0; 1,0; 1,1; 1,5; 1,5; 1,8; 2,6; 3,0; 4,0 | 1 - 3                    |

Водопроникність корінних середньо- та нижньосарматських відкладень, що складаються з серії різних вапняних та вапняно-мергелистих порід, отримана досвідченими відкачуваннями та нагнітаннями води у свердловини. Досліджувалась глибина до позначки -28,3 м, тобто на глибину 33-37 м від поверхні заплави. Аналіз отриманих даних дає основу висновку про

змінюваності фільтраційних властивостей порід як із глибиною, і за площею. Як правило, із глибиною питоме водопоглинання закономірно зменшується.

Фільтраційні властивості корінних порід залежать від ступеня тріщинуватості, обсягу, напряму та взаємозв'язку утворених у породі порожнин.

Водовмісні мергелі та вапняки корінного масиву у верхній зоні сильно тріщинуваті і зруйновані. Досвідчені відкачування, проведені на попередніх стадіях досліджень, показали місцями дуже високу водопроникність корінних порід, коефіцієнт фільтрації мергелів в інтервалі абсолютних позначок +7 - +13 м становить 960 м/добу. За іншими дослідженнями, переважно з розрахунку питомого водопоглинання, отриманого при дослідних нагнітаннях, коефіцієнт фільтрації цієї зони змінюється від 200 до 25 м/добу. Таким чином, водопроникність верхньої, інтенсивно тріщинуватої зони нижньосарматських порід дуже неоднорідна. Рекомендована величина коефіцієнта фільтрації цієї зони становить 100 м/сут.

У межах лівобережної заплави потужність зони інтенсивної тріщинуватості становить приблизно 12 м. Ця зона виділена в межах абсолютних позначок від +1. м до -10,0 - 12,0 м.

Нижча товща вапняків і мергелів менш тріщинувата і менш водопроникна. У фільтраційному відношенні вона вивчена досвідченими відкачуваннями, нагнітаннями та наливками в свердловини за контуром будівлі існуючої ГЕС, кущовим відкачуванням на дослідній ділянці та дослідним відкачуванням з одиночної свердловини (дослідження 2001 р.).

Ця товща карбонатних порід, що залягає в межах абсолютних позначок від -10,0 - 12,0 м до -20,0 - 22,0 м, в основному характеризується питомим водопоглинанням до 1 л/хв і коефіцієнтом фільтрації  $K = 1-3$  м/добу. Нижче абсолютних позначок -20,0 м тріщинуватість порід зменшується, величина питомого водопоглинання становить 0,2 – 0,01 л/хв, подекуди знижуючись до 0,004 л/хв. У лівобережному борту долини найбільш тріщинуватий зона знаходиться в межах позначок +15,0 - 1,0 м, де найбільш типові значення

питомого водопоглинання коливаються в межах від 3,5 до 11,3 л/хв, максимальні досягають 29,7 л/хв, мінімальні - 0,003. Нижче по розрізу тріщинуватість згасє: в інтервалі абсолютних позначок -1,0 - 6,0 м питома водопоглинання становить 0,14 - 0,26 л / хв, а ще нижче на відмітках -6,0 - 21,0 м воно дорівнює 0,03 - 0,004 л.

У прирусловій частині лівобережної заплави, за даними досвідчених нагнітань, зона значної тріщинуватості з  $g > 0,05$  л/хв, поширюється на велику глибину, в деяких точках нижче за відмітку -30,0 м.

## **РОЗДІЛ 8**

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ОКРЕМИХ СПОРУД**

Район будівництва проєктованих споруд характеризується складними інженерно-геологічними умовами, зумовленими такими факторами:

- досить складним рельєфом зони річкова долина – водороздільний простір;
- строкатим літологічним складом порід, наявністю в їх товщі слабких різниць (ОДГ);
- складними гідрогеологічними умовами: загалом низькою водорясністю товщі, високим ступенем здренованості масиву, різним характером режиму водоносних горизонтів;
- великим діапазоном коливань показників міцнісних, деформаційних та фільтраційних властивостей ґрунтів;
- розвитком несприятливих екзогенних процесів;
- підвищеною сейсмічністю території.

В основу інженерно-геологічного районування покладено такі принципи:

1. Геоморфологічні елементи території (водороздільна поверхня пліоцену, схили річкових долин, акумулятивні тераси).
2. Геологічна будова (типи порід, їх генезис, склад та потужність четвертинних відкладень).
3. Розвиток сучасних геологічних процесів (зсуви, ярова ерозія).

Відповідно до цих ознак територія поділяється на три підрайони, за особливостями рельєфу – на 6 ділянок.

#### **8.1. Верхова водойма**

Верхове водоймище розташовується в межах мисоподібного виступу плато, із заходу, південного заходу і півдня обмеженого долиною річки. Реут,

зі сходу – дол. Дністер, на орних землях, поверхня яких має абсолютні позначки 105 – 114 м. На захід від ВР у підніжжі схилу розташований п. Ракулешти, на південний схід – с. Гирло. У плані ВР має вигляд п'ятикутника, що проектується в напіввиїмки – напівнасипу, що забезпечують баланс ґрунтових мас виїмки котловану – насипу земляних споруд. Глибина виїмки 5-10 м. Абсолютні позначки НПУ -125 м, дна водоймища -104 м, гребеня дамби основи - 127,4 м. Ширина дамби обвалування по основі 105 м, по гребеню - 6 м. Як матеріал для дамби використовуються ґрунти з корисної. Ґрунтовий шар попередньо перед розробкою котловану знімається та складається для подальшого використання (кріплення укосу та цілей рекультивації земель).

При виборі оптимальних параметрів ВР було розглянуто кілька варіантів корисної ємності та статичного натиску.

Основними завданнями проведених досліджень з ВВ було з'ясування наступних інженерно-геологічних та гідрогеологічних питань:

1. Забезпечення водоутримуючої здатності основи водойми.
2. Обґрунтування інженерно-геологічних умов будівництва комплексу споруд, що проектуються.
3. Питання підготовки основ споруджуваних споруд.
4. Рекомендації щодо проектування захисних та дренажних заходів.
5. Питання охорони навколишнього природного середовища.

Безпосередньо на підставі ВР і греблі обвалування залягають еолово-делювіальні відкладення (абсолютна потужність 1,1 – 17,1 м), а підстилані піщано-глинистою товщею верхньопліоценової тераси та карбонатними відкладеннями середньосарматського под'ярусу. Характерними рисами геологічного розрізу основи ВР є:

- підвищена просадність верхньої частини товщі (до глибини 5 м) еолово-делювіальних відкладень, представлених пилюватими, лісоподібними суглинками з прошарками м'яких глин та супісків;

- двошарова будова корінної основи ВР, складеної у верхній частині піщано-глинистими відкладеннями верхньопліоценової тераси (загальна потужність 1,7 – 15,5 м, у нижній – в основі вапняками, оолітово-детритовими, тріщинуватими, місцями з прошарками глин ( м);

- неоднорідність та невитриманість літологічного складу корінної товщі, особливо верхньої пачки розрізу.

Товща лісоподібних відкладень, як вказувалося в розділі "Фізико-механічні властивості порід", за своїм складом, щільності додавання і ступеня просадочності складаються з двох горизонтів: верхнього, складеного дрібнішими за складом глинистими різницями (в основному легкими і середніми суглинками), недоущільненими (9 і 8) складеного більш важкими різницями (суглинки важкі, з прошарками легких глин), щільними ( $\epsilon_n = 0,71$ ), практично непросадними.

Просадні властивості цих ґрунтів, що залежать від ступеня їх густини та вологості, в цілому досить високі, особливо нижнього горизонту. Коефіцієнт фільтрації ґрунтів 0,1 – 0,7 м/добу.

Товща верхньопліоценових відкладень, у свою чергу, складаються з шару суглинисто-глинистих відкладень (заплавна фація), що має не повсюдне поширення (лінзовий характер залягання) і потужність до 0,5 – 10,0 м, і вельми неоднорідного за складом шару підстилаючих файов. та фація розмиву). Останні представлені пісками від дрібних, глинистих до гравістичних, що переходять у нижній частині шару гравійно-галечникові відкладення з вмістом піску до 15%, потужність цього шару становить 1-3, а іноді і 5 м.

За показниками щільності, міцності та інших ці відкладення характеризуються як досить надійні, придатні для сповіщення ними проєктованих споруд.

Залягають нижче, на глибині 14-17 м нижче дна водоймища, середньосарматські вапняки, потужністю 20-25 м, слабо вивітряні, тріщинуваті, щільні, місцями з прошарками глин різної потужності. У нижній частині товщі (абсолютні позначки 61-68 м), безпосередньо вище за

витриманий прошарок глин, відзначаються сліди закарстованості, порожнини і каверни, як правило, заповнені ґрунтово-глинистим матеріалом. Порооди характеризуються високими значеннями показників властивостей міцності і несучих властивостей, можуть служити надійною основою водоприймача ВР.

Гідрогеологічні умови основи ВР можна охарактеризувати в цілому як складні, за досить сприятливих умов основ проєктованих споруд.

Складність гідрогеологічних умов ВР визначається факторами геологічного середовища, що характеризується:

- глибоким (понад 45 м) заляганням розділяючого глинистого шару - природного регіонального водотриву для залягаючого вище водомісткого комплексу;

- розвитком у межах найактивнішої частини зони вільного водообміну, в товщі відносно слабководопроникних порід ( $K_f = 10^{-3} - 10^{-5}$  м/сут) добре проникних горизонтів (піщано-гравійна товща верхнього пліоцену, тріщинуваті вапняки середньосарматського подъяруса<sup>1</sup>,  $K_f$  = відтоку вод;

- близькістю розташування від ВР розгалуженої яружно-балкової мережі системи річок Дністер і Реут, що забезпечують високу двосторонню дренажу території.

Зазначеними факторами пояснюється зазначена вище слабка обводненість масиву, відсутність рясних та витриманих водоносних горизонтів, що характеризуються вище.

Створення ВР призведе до збільшення інфільтраційного живлення середньосарматського водомісткого комплексу за рахунок фільтраційних втрат води з ВР, які можуть негативно вплинути на умови стійкості схилу, що склалися.

У цих інженерно-геологічних умовах для забезпечення нормальних умов експлуатації ВР необхідно передбачити комплекс захисних інженерних заходів, що включають:

1. Влаштування суцільного протифільтраційного екрану по всій площі ВР і огорожувальних дамб.

2. Ліквідація просадних властивостей лісоподібних ґрунтів на підставі огорожувальних дамб ВР.

3. Дренажні заходи з ВР та корінного схилу.

4. Планування території та відведення поверхневого стоку.

5. Засипання та зміцнення ярів та промоїн у межах зони впливу ВР.

Противільтраційний екран частини ВР потужністю до 2 м може бути споруджений із лісоподібних ґрунтів з їх пошаровим ущільненням до оптимальних значень густини – вологості. Для цих цілей можуть бути використані ґрунти з корисної виїмки під чашу ВР.

Ліквідація просадних властивостей ґрунтів на підставі дамби, що захищає, здійснюється шляхом їх перемочування на глибину 2,5 – 5,0 м з подальшим ущільненням.

У комплекс противільтраційних заходів входять трубчастий та стрічковий дренаж по огорожувальній греблі ВР та дренажні заходи по схилу, на двох рівнях: а) у підшві верхньопліоценової алювіальної тераси; б) у покрівлі витриманого регіонального глинистого прошару у товщі середнього сармату.

Визначальне значення має забезпечення нормалізації функціонування противільтраційних та дренажних заходів, оскільки додаткове водонасичення масиву (піщано-глинистої товщі покривних відкладень), за даними досліджень Молдови, може призвести до збільшення сейсмічної бальності території на 1,0 у порівнянні з фоновою (з урахуванням місцевих геологічних умов).

Комплекс заходів щодо планування території, засипання та зміцнення ярів проводиться з метою зменшення інфільтрації атмосферних опадів, запобігання розвитку ерозійних процесів, для реалізації завдань охорони геологічного та в цілому навколишнього природного середовища.

Підготовка основи ВР полягає у документації характерних літолого-структурних особливостей основи, контролю їх якості та оцінки відповідності основи вимогам "Тимчасових технічних умов" (ВТУ).

У зв'язку з високою природною дренажістю території фільтраційні втрати з ВР не вплинуть на зміну гідрогеологічних умов території, розташованих поблизу населених пунктів (п. Ракулешти та с. Устя) та майданно сільськогосподарських угідь.

## **8.2. Напірно-станційний вузол ГАЕС.**

### **Споруди проекту розширення ГЕС**

До комплексу споруд НСУ ГАЕС входять підводні водоводи та будівля ГАЕС, які розглядаються у двох створах (II та II-II), а підводні водоводи – у двох варіантах (наземному та підземному) у кожному створі. Створ II розташовується в нижньому б'єфі Дубоссарської ГЕС, створ II-II - у верхньому б'єфі гідровузла, за 400 м від створи греблі. Довжина траси водоводів становить 650 м-коду.

#### *а) Підводні водоводи ГАЕС*

Підводячі водоводи поверхневого типу, у кількості 4-6 ниток, діаметром 7,5 м, складаються із збірних залізобетонних кілець-блоків. Водоводи укладаються спланованим схилом з повним видаленням зсувних порід на палі, що знаходяться на корінних породах.

Тунельні водоводи, у тому ж кількості ниток і внутрішнього діаметра, проходять на глибині близько 100 м від поверхні плато. Відмітка осі водоводу в точці перетину з шахтою, що підводить, 20 м. Приєднання тунелів до будівлі ГАЕС, через недостатність товщі ґрунтів для утворення самонесучого склепіння, належить виконати відкритим способом. Пропускна спроможність одного водоводу 200 м<sup>3</sup>/с.

Конструктивно поверхневі та тунельні водоводи та їх основні параметри не змінюються в обох конкуруючих створах (II та II-II). Як при поземному (напірні трубопроводи), так і підземному варіанті (підводить шахта, тунель) більша частина траси водоводів (близько 350 м) розташовується на плато, в межах верхньопліоценової тераси, що має абсолютні позначки 90-112 м, друга

частина траси - на сх. Дністер та прихилий ділянці правобережної заплави в інтервалі абсолютних позначок до 18 м.

У геологічній будові основи водоводів, як і ділянки ВР, беруть участь четвертинні та неогенові відкладення, представлені з поверхні до глибини 5-27 м, лісоподібними суглинками, потім піщано-глинистої товщею верхньопліоценової тераси потужністю до -10,5 м. Підстилаються вони карбонатною опок) верхнього сармата. Товща слабо обводнена, сильно дренована. Шар з поверхні протягом усього складений зсувними накопиченнями, представленими блоками і брилами сильно деформованих порід. Ширина зсувного тіла по створу II 380 м, потужність становить 25-38 м, по створу II-II дещо менша і дорівнює, відповідно, 280 м і 6,7 - 15,0 м. Породи практично безводні, слабо обводнені тільки на локальних ділянках за рахунок виходу джерел.

Підставою напірних водоводів в абсолютних відмітках 90-57 м будуть служити оолітово-черепашкові вапняки в різній мірі кавернозності, в цілому досить міцні, являють собою напівскельну породу, що містить часті прошарки глини.

Нижче напірних водоводів у межах абсолютних відміток 57-50 м залягають щільні сарматські глини, що значно знижують механічні властивості при розвантаженні і вивітрюванні, у зв'язку з чим рекомендується перед укладанням трубопроводу в порожнисте, рівної його діаметру, частково прибрати ці глини приблизно на глибину 3 м і замінити крупно.

У межах абсолютних позначок 50-0 м залягають напівскельні породи – мергелі та опоки, що характеризуються сильною деформованістю ( $E = 7 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{см}^2$ ), невисокою щільністю додавання, відносно високою пористістю ( $n = 0,42$ ).

Для розрахункової стійкості та місцевої міцності для поверхневої та майданчиків зсуву в масиві по тріщинах, заповненим глинистим ґрунтом, прийняті  $\text{tg } \varphi = 0,35$ ,  $C = 0,30 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{см}^3$ .

Напірні тунельні водоводи прокладаються в товщі, в основному, напівскельних порід - мергелів і глинистих вапняків середнього сармату, що мають досить низькі значення межі міцності ( $R_e^H = 35 \text{ кг·с/см}^3$ ,  $R_e^H = 40 \text{ кг·с/см}^3$ ), показників міцності (коефіцієнт міцності розробки  $f_l = 0,70$ , пористості  $n = 0,41$ ). Коефіцієнт питомої пружної відсічі для розробки тунелю  $K_e^H = 60 \text{ кг·с/см}^3$ , для гірського тиску –  $K_e = 40 \text{ кг·с/см}^3$ ,. Здається кут внутрішнього тертя ґрунтового масиву  $\phi_k = 600$  ( $\text{tg } \phi_k = 1,73$ ). Об'ємна вага ґрунту при повному водонасиченні  $\gamma = 2 \text{ г/м}^2$ .

Інженерно-геологічні умови будівництва, як і компоновальні рішення щодо обох варіантів водоводів (наземному та підземному) по створу II-II, аналогічні створу II. Деякою невеликою перевагою створа II-II є менша ширина (380 м) і потужність (6,7 - 15,0 м) зсувних накопичень, але в той же час умови навантаження схилу в цьому створі менш сприятливі.

Питання оцінки стійкості схилу на ділянці напірних водоводів та прогноз її зміни у будівельний та експлуатаційний періоди розглянуті вище.

#### *б) Будівлю ГАЕС та другу будівлю ГЕС*

Майданчик будівлі ГАЕС розглядається в обох створах. У створі II будівлі ГАЕС розташовується в нижньому б'єфі існуючої греблі на відстані 350 м від її осі, на правобережній заплаві р. Дністер, що має абсолютні позначки поверхні 18,0 – 18,5 м. У створі II-II майданчик будівлі ГАЕС розташовується у верхньому б'єфі існуючого гідровузла, за 400 м вище за створу греблі, біля підніжжя правобережного зсувного схилу, безпосередньо біля берегової смуги водосховища. Абсолютні позначки поверхні землі у межах майданчика 28,3 – 30,0 м.

В основі будівлі ГАЕС створі II залягатимуть нижньопермські відкладення, представлені в основному глинистими (або піщаними) вапняками, що перешаровуються з перекристалізованими вапняками.

Глинисті вапняки відносяться, в основному, до маломіцних скельних ґрунтів з відносно високою щільністю додавання, характеризуються слабкою стисливістю ( $E = 15 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{см}^3$ ).

Для розрахунків стійкості та місцевої міцності поверхневого та майданчиків зсуву в масиві по тріщинах, заповненим піщаним та глинистим матеріалом, прийняті розрахункові значення  $\text{tg } \varphi = 0,45$ ;  $C = 0,40 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{см}^2$ ).

Прихованокристалічні вапняки відносяться до міцних і середньої міцності скельних ґрунтів, мають високу щільність додавання, слабку стисливість ( $E = 50 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{см}^3$ ). Як розрахункові значення прийняті  $\text{tg } \varphi = 0,7$ ;  $C = 0,35 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{см}^2$ ).

Водопроникність змінної товщі ( $K_f$ ) коливається у великих межах від 1,0 м/добу (вапняки) до 10-4-10-5 м/сут (просло глин). Тріщинуваті і кавернозні вапняки в покрівлі товщі характеризуються  $K_f = 10 \text{ м} / \text{сут}$ .

У схилах будівельного котловану будуть залягати тріщинуваті, у верхній частині вивітрілі, вапняки з тонкими прошарками глин, а також товща, що перекриває, алювію заплави, що має двошарову будову (у верхній частині - суглинки, глини, мули товщиною 6,0 - 15, гравійно-піщані відкладення потужністю 2,5 – 5,5 м. Загалом ці відкладення характеризуються нижчими властивостями міцності та несучими, більш високою водопроникністю.

Рівень ґрунтів вод залягає на глибині 2,1-3,0 м (абсолютні позначки 15-16 м) в товщі алювію та тріщинуватої зони корінних відкладень. Води за хімічним складом гідрокарбонатні, мінералізація їх становить 0,670 – 0,750 г/л, по відношенню до бетону не мають агресивних властивостей.

Прохідка будівельного котловану здійснюватиметься під захистом водозниження. Необхідне також розвантаження напірного водоносного горизонту в товщі вапняків нижнього сармату

В основі будівлі ГАЕС у створі II-II залягатиме вапняно-мергелиста товща, перекрита з поверхні зсувними накопиченнями потужністю до 7,0 м.

Розміщення будівлі ГАЕС, що розширюється, обмеженого технологічним зв'язком з верхнім б'єфом існуючого гідровузла, розглядається

в найбільш оптимальному варіанті - у створі напірного фронту або на вільній території нижнього б'єфу. Встановлена потужність ГЕС за різних варіантах використання припливності води визначається від 78 МВт до 800 МВт. Позначка залягання фундаментної плити будівлі ГЕС, як і будівлі ГАЕС, знаходиться на абсолютних позначках -8 - -3 м.

Інженерно-геологічні умови будівництва будівлі ГЕС у зв'язку з розташуванням її в межах однієї і тієї ж площі такі самі, як і будівлі ГАЕС.

#### *в) Порівняльна інженерно-геологічна оцінка варіантів НСУ*

Наведена характеристика створів НСУ та напірного водоводу показує, що за інженерно-геологічними показниками порівнювані створи різних відмінностей не мають, оскільки:

- розташовуються в межах тих самих структурно-геоморфологічних елементів (підрайону, ділянки);

- характеризуються однотипним набором проектних рішень;

- проект організації будівництва у порівнюваних створах близький.

Однак все ж таки деякі незначні переваги має створ І-І, що пояснюється:

- положенням його стосовно діючого гідровузла (розташований у нижньому б'єфі, тоді як у створі ІІ-ІІ відзначається обмеженість умов будівництва будівлі ГАЕС, відрізняється підпір рівня підземних вод у береговій смузі водосховища);

- геологічний розріз основи бетонних споруд у створі ІІ-ІІ відрізняється більш глинистим складом;

- питання організації будівництва у створі ІІ вирішуються легше, ніж у створі ІІ-ІІ.

## ВИСНОВОК

1. Проект розширення Дубосарської ГЕС полягає в будівництві нової будівлі гідроелектростанції, що розташовується в нижньому б'єфі на правобережній заплаві на р. Дністер, та споруди ГАЕС у правобережному примиканні греблі діючого гідровузла, в межах ділянки плато (вододілу річок Дністер та Реут), берегового схилу долини річки Дністер та його заплави. У геологічній будові району беруть участь комплекс піщано-глинистих та карбонатних відкладень неогену та четвертинної системи.

2. Проведені у 2022 р. на стадії ТЕО дослідженнями було виявлено досить складні інженерно-геологічні умови розширення ГЕС, зумовлені такими факторами:

- значним ступенем розчленованості території;
- строкатим літологічним складом порід основи проєктованих споруд;
- активністю ерозійних процесів, наявністю початкових форм суфузійно-карстових процесів у товщі карбонатних відкладень пліоцену;
- різним ступенем обводненості та водопроникності порід;
- великим діапазоном коливань показників міцнісних і несучих властивостей ґрунтів, наявністю в товщі карбонатних відкладень сарматського ярусу ослаблених глинистих прошарків різної потужності і витриманості, а в корінній товщі вододілу Дністер - Реут - лісоподібних відкладень, що володіють підвищеною просадочністю;
- широким поширенням у бортах річок Дністер і Реут зсувних явищ з переважанням стародавніх, що нині стабілізувалися;
- Підвищеною сейсмічністю території (7-8 балів).

В результаті проведених досліджень було виявлено, що визначальними геологічними факторами проєктованого будівництва є питання стійкості берегового схилу ділянки ГАЕС та оцінка водоутримуючої здатності основи ВВ ГАЕС.

3. Результати вишукувань та відповідних розрахунків в обох створах НСУ показують, що у природних умовах правобережний схил долини р.Б. Дністер знаходиться в умовах граничної рівноваги або має невеликий запас стійкості.

Стійкість схилу знижується при накладенні додаткових факторів будівельного та експлуатаційного періодів:

а) при підрізання схилу будівельним котлованом будівлі ГЕС та ГАЕС стійкість товщі давньозсувних відкладень знижується;

б) стійкість спланованого схилу (укосу) під час експлуатації ГАЕС, з урахуванням його розвантаження – розущільнення і можливого додаткового водонасичення з допомогою фільтраційних втрат з ВР, по площинах глинисто-мергелистих прошарків всередині тріщинуватий масиву вапняків загалом досить висока, але з усім розрахунковим значенням.

4. З метою обмеження впливу фільтрації води з ВР на умови стійкості прилеглого схилу долини р. Дністер проектом передбачається спорудження по всій чаші водойми протифільтраційного екрану.

Як матеріал для екрану використовуються лісоподібні ґрунти з корисної виїмки ВР, що мають достатні якісні показники. Ґрунти укладаються з ущільненням до необхідних значень показників щільності та вологості.

На підставі ВР та прилеглий ділянці схилу намічається також комплекс дренажних заходів та ряд інших заходів щодо природоохоронного комплексу. Ефективність цих заходів у зв'язку зі сприятливими геологічними умовами території (наявність у корінному масиві горизонтів, що добре проникаються, зон розвантаження берегових схилів, глибоких ярово-балкових систем) буде досить високою.

5. Інженерно-геологічні умови будівництва окремих споруд досить складні. Розглянуті створи НСУ ГАЕС (II та II-II) за інженерно-геологічними умовами практично рівноцінні. У будь-якому з варіантів створа перевага має підземний варіант напірних водоводів і варіант будівлі ГАЕС, що

споруджується способом опускного колодязя, що унеможливило суттєве навантаження берегового схилу.

6. У даних інженерно-геологічних умовах особливо важливого значення набувають питання геологічної документації основ проєктованих споруд, геотехнічного контролю якості земляних робіт, влаштування протифільтраційного екрану та дренажних заходів, здійснення дієвого нагляду за ходом будівництва об'єкта.

Необхідність забезпечення високої ефективності протифільтраційних та дренажних заходів ділянки ВР та берегового схилу ГАЕС пояснюється тим, що, як показали дослідження, за повного водонасичення неогено-глинистої товщі масиву сейсмічна бальність підвищується до 8 (порівняно з фоновою на 1 бал).

7. Будівництво ГАЕС повністю забезпечене основними видами мінеральних будівельних матеріалів.

8. На наступній стадії проєктування необхідно:

а) провести більш детальне дослідження стійкості схилів із всебічною оцінкою впливу різних факторів у природних умовах, у період будівництва та період експлуатації ГАЕС;

б) виконати аналітичні розрахунки та моделювання фільтрації з ВР ГАЕС та дати обґрунтування відповідним захисним заходам;

в) уточнити розрахункові показники фізико-механічних та фільтраційних властивостей ґрунтів;

г) на більш широкому фактичному матеріалі детальніше розглянути умови будівництва окремих споруд, особливо ВР та НСУ ГАЕС;

д) організувати стаціонарні спостереження за рівним режимом та хімізмом підземних вод основних водоносних горизонтів;

е) виконати детальну розвідку основних видів мінеральних будівельних матеріалів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

### *Опублікована*

1. Атлас Молдавської РСР. — Кишинів : Головне управління геодезії та картографії при Раді Міністрів СРСР, 1978. — 132 с.
2. Бондарчук В. Г. Геологічне районування Української РСР та Молдавської РСР. — Київ : Наукова думка, 1968. — 312 с.
3. Геоморфологія Молдавії / Ін-т геології та геофізики АН МРСР. — Кишинів : Штиинца, 1978. — 187 с.
4. Геологія СРСР. Т. 14. Молдавська РСР : Геологічний опис та корисні копалини. — Київ : Надра, 1969. — 624 с.
5. Золотарьов О. А. Досвід оцінки стійкості схилів складного геологічного значення. — Кишинів : Штиинца, 1999. — 184 с.
6. Зеленін І. В. Природні ресурси підземних вод Молдови. — Кишинів : Штиинца, 1972. — 236 с.
7. Гофштейн І. П. Про тераси Дністра та новітні рухи Придністров'я // *Праці Інституту геології АН МРСР*. — Кишинів, 1960. — Вип. 6. — С. 45–78.
8. Лунгерсгаузен А. Ф. Тераси Дністра. — Кишинів : Держ. вид-во Молдавської АРСР, 1938. — 112 с.
9. Маслов Н. М. Умови стійкості схилів та укосів у гідротехнічному будівництві. — Кишинів : Штиинца, 1995. — 208 с.
10. Чаналига А. Л. Про четвертинні тераси долини нижнього Дністра // *Геологія і корисні копалини Молдови*. — Кишинів : Надра, 1998. — С. 93–107.
11. Александров О. І., Деревська О. В. Перспективи надзаплавних терас Дністра щодо золоторудності // *Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Геологія*. — 2020. — № 3. — С. 45–59.
12. Іванов О. М. Будова нижчих терас долини Дністра (на прикладі ділянки Василів—Дорошівці) // *Геоморфологічні дослідження*. — 2019. — Вип. 6. — С. 31–47.

13. Матеріали міжнародної конференції «Transboundary Dniester River Basin Management». — Тирасполь ; Кишинів : Есо-TIRAS, 2017–2022. — 480 с.
14. OSCE, ZOiNet. Transboundary diagnostic study for the Dniester basin : technical report. — Vienna, 2010. — 120 p.
15. Гожик В. І. та ін. Розвиток терас Дністра: стратиграфія, вікові оцінки та кореляції // *Матеріали наук.-практ. конф. з проблем геоморфології*. — Київ, 2008. — С. 12–38.
16. Todd A., Toderaş I. (eds.). Transboundary Dniester River Basin Management : proceedings. — Chişinău : Есо-TIRAS, 2020. — 320 p.
17. Поп'юк Я. С. Дністер у голоцені: бічна ерозія та морфодинаміка долини // *Вісник Чернівецького національного університету. Серія: Географія*. — 2020. — Вип. 814–815. — С. 27–36.
18. Куниця І. М. Плейстоценова молюскова фауна як індикатор стратиграфії терас Дністра // *Палеонтологічний збірник*. — Львів, 2007. — № 39. — С. 61–74.
19. Hîrtopanu P., Niculiţă M. High terraces of the Dniester River near Dovhe village // *Studia Universitatis Babeş-Bolyai. Geologia*. — 2010. — Vol. 55, No. 2. — P. 45–56.
20. Aleksandrov A. I., Derevska O. V. Prospects of the Dniester River floodplain terraces for gold mineralization // *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*. — 2020. — No. 3. — P. 45–59.
21. «Інтегроване управління трансграничним басейном Дністра» : зб. матеріалів. — Тирасполь : Есо-TIRAS, 2017. — 484 с.
22. ZOiNet. Моніторинг трансграничного басейну Дністра : технічний звіт. — 2010. — 96 с.
23. UNECE. Рекомендації з охорони та сталого управління басейном Дністра. — Geneva, 2017. — 68 p.
24. Колективні праці з геології Подільсько-Дністровського регіону. — Київ ; Кишинів, 1990–2022.

25. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського. Електронні ресурси з геології та геоморфології Дністра. — URL: <https://www.nbuv.gov.ua> (дата звернення: 2024).

*Фондова*

26. Розширення Дубоссарської ГЕС. Т. 3, кн. 2 : Природні умови. Інженерно-геологічні умови : звіт. — Харків : Укргідропроєкт, 1981. — 215 с.

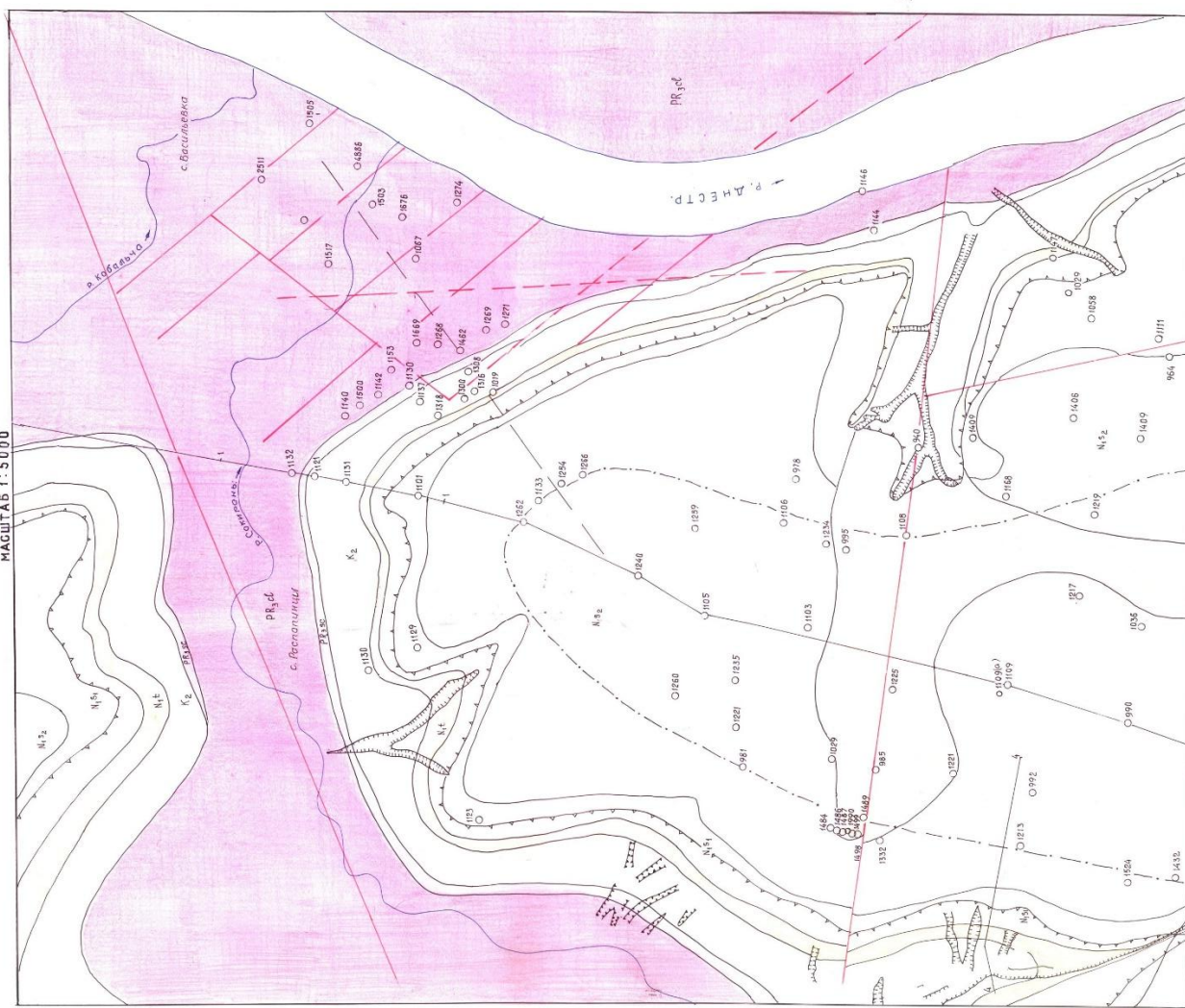
27. Розширення Дубоссарської ГЕС по нар. Дністер. Ч. 2 : Природні умови : звіт. — Харків : Укргідропроєкт, 1981. — 186 с.

28. Звіт про результати комплексної гідрогеологічної та інженерно-геологічної зйомки масштабу 1 : 50 000 з метою меліорації. — Київ, 1978. — 240 с.

29. Звіт щодо узагальнення даних щодо розвідки родовищ будівельних матеріалів у районі Дубоссарської ГЕС–ГАЕС. — Кишинів, 1998. — 168 с.

30. Звіт про інженерно-геологічні дослідження греблі Дубоссарської ГЕС для обґрунтування стійкості правобережного схилу приплотинної частини водосховища. — Харків : Укргідропроєкт, 1991. — 154 с.

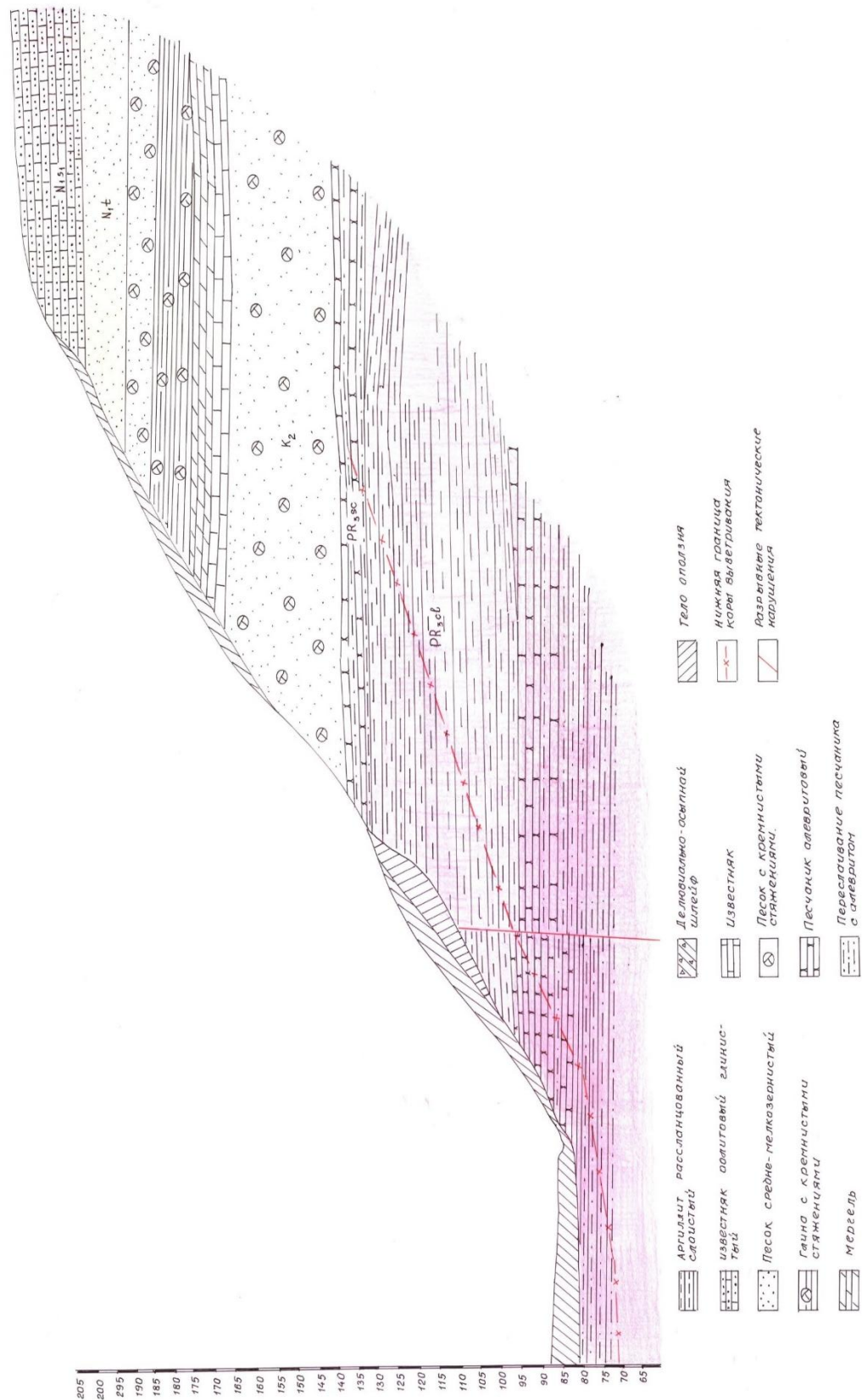
МАСШТАБ 1:5000

[illegible][illegible]



# ІНЖЕНЕРНО ГЕОЛОГІЧНИЙ РОЗРІЗ ПО ЛІНІЇ 1 – 1

ГОР. 1:1000  
ВЕРТ. 1:500



# ІНЖЕНЕРНО ГЕОЛОГІЧНИЙ РОЗРІЗ ПО ЛІНІЇ 4 – 4

