



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

**О.Л. Пальченко**

**ВОДНІ РЕСУРСИ ТА ЇХ ОХОРОНА**

**Тексти лекцій**

**Харків 2021**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

**О.Л. Пальченко**

**ВОДНІ РЕСУРСИ ТА ЇХ ОХОРОНА**

**Тексти лекцій**

для здобувачів вищої освіти  
спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія  
та водні технології»  
другого (магістерського) рівня

Рекомендовано  
науково-методичною радою  
університету.  
Протокол № 1 від 25.02.2021 р.

Харків  
ХНУБА  
2021

П14

УДК 626/627.8:504.4

Рецензенти:

*Ю.О.Ландау*, д-р техн. наук,  
ПрАТ «УКРГІДРОПРОЕКТ»;

*А.О.Мозговий*, д-р техн. наук, доц.,

Харківський національний університет будівництва та архітектури

Автор: О.Л. Пальченко

**П14 Пальченко О.Л.** Водні ресурси та їх охорона: Тексти лекцій для здобувачів вищої освіти спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» другого (магістерського) рівня. Харків: ХНУБА, 2021. 84 с.

У текстах лекцій викладено основні положення курсу «Водні ресурси та їх охорона», розглянуто питання класифікації гідроелектростанцій та комплексного використання водних ресурсів, висвітлено способи виконання водноенергетичних розрахунків за добового, тижневого, сезонного і багаторічного регулювань.

Видання призначене для поглибленого вивчення курсу «Водні ресурси та їх охорона» здобувачами вищої освіти спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» другого (магістерського) рівня.

Іл. 3. Табл. 3. Бібліогр. 9.

© О.Л.Пальченко, 2021

## ВСТУП

Гідроелектричні станції (ГЕС), що використовують енергію потоків і електроенергії, що є високоефективним джерелом, є комплексами складних інженерних споруд, гідросилового, електричного і механічного устаткування. Складність проектування, зведення і експлуатації ГЕС визначається тим, що їх параметри, компонування і конструкції споруд найзначнішим чином залежать від природних умов, топографічних, геологічних, гідрологічних та інших характеристик району будівництва. Хоча основна функція ГЕС полягає в виробництві електроенергії, в процесі їх проектування необхідно враховувати інтереси й інших галузей народного господарства, пов'язаних з використанням потоку: іригації, водного транспорту, водопостачання, рибного господарства і т.д. В сучасних умовах велике значення надається питанням охорони водних ресурсів в ув'язці з актуальними завданнями охорони природи. Будівництво ГЕС часто пов'язане з освоєнням ще необжитих районів і є базою для створення нових великих територіально-виробничих комплексів, що має велике значення для розвитку продуктивних сил країни.

Указані особливості гідроенергетичного будівництва вимагають від фахівця не лише глибоких знань, необхідних для проектування і зведення гідроенергетичних споруд, але й широкого кругозору, що дозволяє успішно вирішувати значні народногосподарські проблеми.

Науково-технічний прогрес сучасного суспільства постійно потребує збільшення використання паливно-енергетичних і водних ресурсів. При цьому суспільство повинне все більше піклуватись про раціональне використання паливних джерел і прісної води.

У даному виданні розглянуто принципові схеми ГЕС, електроенергетичні системи і графіки навантажень, основні принципи використання водних ресурсів, водогосподарські і водноенергетичні розрахунки для проектування гідроелектростанцій; надано коротку інформацію щодо балансового методу водноенергетичних розрахунків, впливу гідроенергетичних об'єктів на навколишнє середовище, екологічної політики держави, а також розглянуто способи оцінювання сучасного стану навколишнього середовища району розміщення гідроенергетичного об'єкта, особливо цінні своєю наочністю та такі, що сприяють глибокому розумінню суті даних процесів і дозволяють порівняно легко виконувати кількісні оцінювання, що є важливими для інженера.

Знання і практичні навички, набуті під час вивчення дисципліни «Водні ресурси та їх охорона», застосовуються в подальших курсах розрахунку будівель гідроелектростанцій, розрахунку гідротехнічних споруд, водних шляхів і портів.

## **Тема 1 ВОДНІ РЕСУРСИ ТА ЇХ ОХОРОНА**

### **1.1 Використання водних і гідроенергетичних ресурсів.**

### **1.2 Гідроелектростанції.**

### **1.3 Малі ГЕС.**

### **1.4 Основне гідросилове устаткування ГЕС.**

### **1.5 Основні енергетичні параметри ГЕС.**

### **1.1 Використання водних і гідроенергетичних ресурсів**

У всі часи вода була найважливішим чинником, що визначає життя людей і розвиток продуктивних сил. Вогнища прадавніх цивілізацій пов'язані з річками: Тигром і Євфратом в Месопотамії, Нілом в Єгипті, Хуанхе в Китаї, Індом в Індії та іншими, де зрошуване землеробство було життєвою необхідністю.

Археологічні дослідження і стародавні джерела показують, що перші греблі і водосховища були побудовані на світанку цивілізації.

Прадавніми в світі вважаються дві греблі: Кошиш заввишки 15 метрів, побудована в Єгипті за фараона Менеса (приблизно 3000 років до нашої ери) і Садд Эль Кофара заввишки 12 метрів, побудована в Єгипті між 2950 і 2750 роками до нашої ери. Гребля, побудована за фараона Мережа I (1319 – 1304 роки до нашої ери), досі виконує свої функції.

На Близькому Сході близько 2500 років до нашої ери була споруджена гребля Нимруд заввишки 12 метрів на річці Тигр. У Біблії в книзі Еклезіяста знаходимо: «Я зробив великі справи: побудував собі будинки, посадив собі виноградники, зробив собі водойми для зрошування...»

Легендарний китайський імператор Юй (приблизно 2280 років до нашої ери) прославився завдяки регулюванню річок зведенням гребель, в чому він проявив істинний талант. Будівництво гідротехнічних споруд у Китаї для зрошування, судноплавства, боротьби з повенями виконувалося з прадавніх часів. Побудована до нашої ери гребля Шуао на річці Хуанхе, успішно функціонує й нині. У Індії приблизно за 300 років до нашої ери за правління Чандрагупта було створено водосховище Сударсана.

Навіть сьогодні вражає інженерне мистецтво давніх будівельників, причому деякі з гребель тих часів все ще функціонують. Ці чудові гідротехнічні споруди, що є видатним досягненням давніх цивілізацій, показують, що в ті далекі часи люди успішно виконували грандіозні роботи з використання водних ресурсів для водопостачання, іригації, захисту від повеней, судноплавства, що мало найважливіше значення для розвитку цивілізації.

Слід зазначити, що під час експлуатації гідротехнічних споруд використовувалася водна енергія для підйому води в зрошувальні канали, для

обертання млинових жорен. Перші водяні колеса почали застосовуватися більш ніж за 1000 років до нашої ери в Китаї, Індії, Єгипті і т.д.

На початку нової ери і в середні віки в міру розвитку виробництва, зростання кількості населення створювалися нові водосховища в Персії, Індії, Китаї, Японії, країнах Центральної і Південної Америки, Західної Європи і т.д.

Від річок, які були розташовані щонайближче до людини в навколишній природі, багато в чому залежало його існування. У давніх епосах багатьох народів річки займали провідне місце. У Західній Європі було побудовано багато невеликих водосховищ, у тому числі для водяних млинів. На території Чехії, Сілезії, Саксонії, Польщі водосховища створювалися у зв'язку з розвитком видобутку руди, для водопостачання, рибництва. У Росії за імператора Петра I (1672 – 1725 роки) проводилися значні роботи з використання водних ресурсів, будувалися греблі, судноплавні канали.

У XVIII – XIX століттях, у епоху промислової революції, значна кількість невеликих водосховищ будувалася в промислових районах Західної Європи (у Сілезії, Рурській області, Західній Англії і т.д.), Росії (Урал, Центральний район), США (Пенсильванія, Нова Англія) для промислового і комунального водопостачання, водного транспорту, забезпечення зростаючих потреб в механічній енергії за рахунок широкого використання водної енергії.

Принципово новий етап використання водних ресурсів почався на рубежі XIX і XX століть у зв'язку з розвитком електроенергетики, що забезпечила можливість ефективного використання гідроенергоресурсів. Перша в світі промислова ГЕС була побудована в Німеччині в 1891 році. ГЕС будуються в Західній Європі (у Швеції, Норвегії, Австрії, Німеччині, Швейцарії, Іспанії, Італії, Франції), в Росії, США, Бразилії, Японії і т.д., причому більшість водосховищ ГЕС використовувалися також для комунального й промислового водопостачання, боротьби з паводками, зрошування.

Питанням впливу водосховищ і ГЕС на довкілля приділялася обмежена увага, оскільки вважалося, що природні ресурси безмежні. Проте почали проводитися дослідження за оцінкою негативних наслідків створення водосховищ. У цей період були освоєні технології зведення високих гребель різних типів, вдосконалені методики розрахунку гребель і основ, що забезпечило підвищення їх надійності. У другій половині XX століття у зв'язку з необхідністю регулювання стоку річок для водозабезпечення швидко зростаючих міст, промисловості, великих іригаційних систем і нарощування використання гідроенергетичних ресурсів були створені передумови для широкого будівництва великих водосховищ. Саме з другої половини XX століття почався сучасний етап розвитку гідроенергетики й будівництва великих водосховищ комплексного використання для різних галузей господарства.

Нині в світі існує близько 45-ти тисяч великих гребель заввишки більше 15-ти метрів. Ресурси річкового стоку всіх країн світу оцінюються в 37000 км<sup>3</sup>, але розподілені вкрай нерівномірно між країнами і в багатьох випадках в межах однієї країни.

Водні ресурси України є вкрай обмеженими. Сумарний середньобагаторічний стік усіх річок України складає 87,1 км<sup>3</sup>. При цьому несприятливий розподіл водних ресурсів як поверхневого стоку, так і підземних вод вкрай нерівномірний за територією і в розрізі року. Краще забезпечені водними ресурсами північний і західний регіони, значно гірше – південний, включаючи Миколаївську й Одеську області та Крим.

В умовах значної нерівномірності поверхневого стоку з різким зменшенням в періоди літньої і зимової межени для його раціонального використання в Україні існує 1087 водосховищ, загальним об'ємом 55,1 км<sup>3</sup> і корисним об'ємом 26,3 км<sup>3</sup>, причому велика частина зарегульованого стоку припадає на водосховища Дніпровського каскаду ГЕС, загальний об'єм яких складає 43,8 км<sup>3</sup>, а корисний – 18,4 км<sup>3</sup>. Територіальний перерозподіл стоку здійснюється великими каналами, серед яких: Північно-Кримський завдовжки 400 кілометрів, Головний Каховський – 130 кілометрів, Дніпро-Донбас – 263 кілометри і т.д.

В останні десятиріччя різко зросли вимоги законодавства щодо охорони довкілля. Підчас створення водогосподарських і гідроенергетичних об'єктів, проведені значні дослідження з комплексного вивчення взаємодії водосховищ з довкіллям з оцінкою негативного впливу й мінімізації нанесення збитків довкіллю.

Зростаючі масштаби виробництва, підвищення рівня життя людей вимагають, незважаючи на застосування водо- і енергозбережних технологій, подальшого збільшення використання водних ресурсів і електроенергії.

Нарощування вироблення електроенергії традиційним способом на теплових електростанціях, що спалюють органічне паливо, призводить до посилення забруднення довкілля, впливає на кліматичні умови в окремих регіонах і в цілому на Землі (можливість потепління клімату завдяки парниковому ефекту і т.д.).

Отже, в порівнянні з альтернативними джерелами електроенергії такими, як ТЕС на органічному паливі, ГЕС, що використовують оновлювані гідроенергетичні ресурси, чинять позитивний вплив на довкілля, оберігаючи його від забруднення відходами виробництва.

Незважаючи на різке підвищення вимог щодо охорони довкілля, за 25 років (з 1975 по 2000 рік) світовий об'єм вироблення електроенергії на ГЕС і ГАЕС зріс від 1165 до 2650 млрд кВт-год. і склав близько 19 відсотків світового виробництва електроенергії. При цьому використовується лише третина економічно ефективного гідроенергетичного потенціалу.

Як водні, так і гідроенергетичні ресурси не є безмежними, тому зрозуміло, що вони є таким самим національним багатством, як і нафта, газ, вугілля, уран, але на відміну від них є поновлюваними ресурсами.

Аналізуючи світовий досвід розвитку енергетики, слід зазначити, що практично всі найбільш розвинені країни в першу чергу інтенсивно освоювали свої гідроенергетичні ресурси і досягли високого рівня їх використання. Так, гідроенергетичні ресурси в США і Канаді використані на 82 і 65 відсотки, в



Японії – на 90 відсотків, в Італії, Франції, Швейцарії – на 96–98 відсотки. В Україні гідроенергоресурси використані на 60, в Росії – на 26 відсотків.

У світі зберігається тенденція до постійного збільшення використання оновлюваних гідроенергетичних ресурсів, особливо в слаборозвинених країнах, що розвиваються, розвиток енергетики в яких проходить шляхом першочергового використання саме гідроенергетичних ресурсів, причому будівництво ГЕС в основному переміщується в передгір'я і гірські райони, де їх негативний вплив на довкілля значно зменшується.

Враховуючи, що електроенергетика є базовою галуззю, що визначає значною мірою економічний розвиток і умови життя людей, в усіх країнах приділяється велика увага плануванню перспективи її розвитку. При цьому питання охорони довкілля стають визначальними при обґрунтуванні майданчиків розміщення гідроенергетичних об'єктів.

У ХХ столітті, яке можна сміливо назвати століттям греблепобудови, почалося інтенсивне використання гідроенергетичних ресурсів і ця тенденція збережеться в ХХІ столітті, особливо в країнах Азії, включаючи Китай, Індію, Пакистан, Іран і т.д., в Росії – в районах Сибіру, в Південній Америці і Центральній Африці.

У нових умовах, що склалися, під час проектування, будівництва й експлуатації гідроенергетичних об'єктів особливу увагу необхідно приділяти надійності й безпеці споруд, забезпеченню нормативних вимог щодо охорони довкілля й мінімізації збитку, що наноситься.

## 1.2 Гідроелектростанції

Найголовнішою особливістю гідроелектростанцій, що відрізняє їх від інших джерел енергії, є використання ГЕС природно поновлюваних гідроенергетичних ресурсів. Річки, спускаючись з гір і височин до морів і озер, мають постійно поновлювану природну енергією.

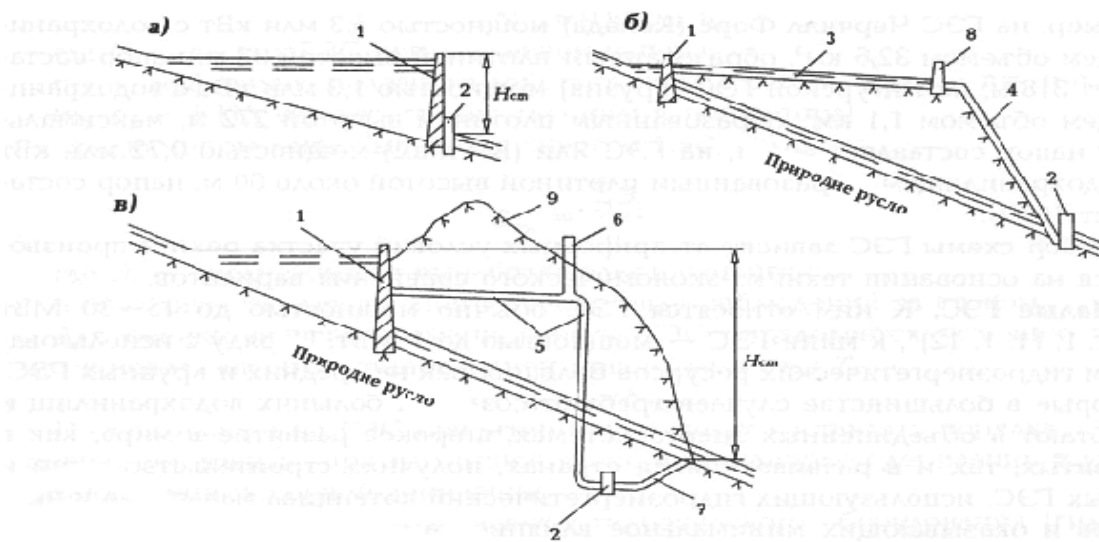
Енергія і потужність потоку на виділеній ділянці річки за час  $t$  складають:

$$E = N \cdot t;$$
$$N = 9,81 \rho H Q, \quad (1)$$

де  $E$  – енергія потоку;  $N$  – середня потужність потоку за час  $t$  на виділеній ділянці;  $t$  – час;  $g = 9,81$  – прискорення вільного падіння;  $\rho$  – щільність рідини;  $H$  – падіння рівня вільної поверхні води на виділеній ділянці річки;  $Q$  – середня витрата річки на виділеній ділянці.

На деяких річках самою природою створені зосереджені перепади рівнів – водоспади. На ГЕС можна використати також перепад між рівнями води двох суміжних річок в місцях їх порівняно невеликого видалення.

Енергія річки на ГЕС перетворюється на електроенергію шляхом створення на виділеній ділянці річки зосередженого перепаду (натиску), для чого застосовуються принципові схеми, наведені на рисунку 1.



- а) греблева; б) дериваційна; в) комбінована; 1 – гребля;  
 2 – будівля ГЕС; 3 – дериваційний канал; 4 – напірний  
 трубопровід; 5 – напірний тунель; 6 – зрівняльний резервуар;  
 7 – відводний тунель; 8 – водоприймач; 9 – природна  
 поверхня берегового схилу

Рисунок 1 – Принципові схеми ГЕС

**Схема греблі.** Схема греблі характеризується тим, що натиск на ГЕС створюється за рахунок підпору рівня річки греблею з утворенням водосховища. Останнє також використовується в процесі регулювання стоку (добового, сезонного, багаторічного) для забезпечення необхідного режиму роботи ГЕС. За рахунок регулювання стоку забезпечується збільшення встановленої і гарантованої потужності ГЕС, кількість електроенергії, що виробляється, й економічної ефективності ГЕС.

На більшості експлуатованих ГЕС, у тому числі найпотужніших, використана греблева схема. При цьому натиски на ГЕС залежать від висоти гребель і досягають, наприклад 280 метрів на Нурекській ГЕС (Таджикистан) що має потужність 2,7 млн кВт і побудована в гірських умовах. На великих

ГЕС в рівнинних умовах, наприклад на Дністровській ГЕС (Україна) потужністю 0,7 млн кВт натиск складає 54 метри, а на Київській ГЕС (Україна) потужністю 0,36 млн кВт натиск знижується до 11 метрів. Така схема використана для всіх ГЕС Дніпровського каскаду в Україні, для усіх ГЕС Волзького каскаду, каскаду Єнісейська і Ангарського в Росії, для ГЕС каскаду на річках Колумбія і Міссурі в США, для найпотужнішої в світі ГЕС Ітайпу (Бразилія-Парагвай) потужністю 12,6 млн кВт і натиском 120 метрів.

**Дериваційна схема.** Дериваційна схема характеризується тим, що натиск на ГЕС утворюється за рахунок відведення води з річки штучним водоводом, в якості якого застосовуються:

- відкриті канали, що мають менший поздовжній ухил, ніж біля річки (безнапірний дериват);
- напірні тунелі або трубопроводи (напірний дериват).

За дериваційною схемою для огорожі води на ГЕС у більшості випадків в річці зводиться гребля, що утворює невелике водосховище, що часто виконує добове регулювання.

За дериваційною схемою натиски досягають 1000 метрів і більше. Наприклад, на ГЕС Целльрейн-Зильц (Австрія) потужністю 0,43 млн кВт натиск складає 1259 метрів, на ГЕС Розелан (Франція) потужністю 0,5 млн кВт – 1200 метрів, на ГЕС Грізно (Італія) потужністю 0,43 млн кВт – 590 метрів.

**Комбінована схема.** За комбінованою схемою натиск на ГЕС утворюється частково за рахунок підпору рівня річки греблею і створення водосховища, як і за гребельною схемою, і частково (за рахунок деривату), дозволяє за відповідних природних умов використати переваги обох схем. За комбінованою схемою також можна отримати високі натиски ГЕС.

Вибір схеми ГЕС залежить від природних умов ділянки річки і виконується на підставі техніко-економічного порівняння варіантів.

### 1.3 Малі ГЕС

До малих ГЕС відносяться ГЕС, зазвичай, потужністю до 15 – 30 МВт, до міні-ГЕС відносяться ГЕС потужністю до 1 МВт. Разом з використанням гідроенергетичних ресурсів великих річок на середніх і великих ГЕС, які в більшості випадків вимагають створення великих водосховищ і працюють в об'єднаних енергосистемах, значного розвитку в світі, як в розвинених країнах, так і таких, що розвиваються, отримало будівництво міні і малих ГЕС, що використовують гідроенергетичний потенціал малих річок і припливів і таких, що роблять мінімальний вплив на довкілля. Такі ГЕС можуть працювати як в енергосистемі, так і на конкретного споживача, що особливо важливо в

віддалених районах, де немає розвиненої мережі ліній електропередач.

## 1.4 Основне гідросилове устаткування ГЕС

Основне гідросилове устаткування ГЕС включає гідротурбіни й гідрогенератори, що утворюють гідроагрегат.

Залежно від натисків на ГЕС застосовуються різні типи гідротурбін: поворотно-лопатеві, радіально-осьові, осьові, діагональні і ковшові.

Гідрогенератори перетворюють механічну енергію, що передається турбіною, на електричну.

## 1.5 Основні енергетичні параметри ГЕС

**Натиски ГЕС.** Статичний натиск  $H_{ст}$  дорівнює різниці рівнів верхнього і нижнього б'єфів. Натиск бруто  $H_{бр}$  для практичних розрахунків можна прийняти як  $H_{ст}$ , якщо нехтувати різницею кінетичної енергії потоку в верхньому б'єфі біля водоприймача ГЕС і в нижньому б'єфі за відсосувальними трубами, яка зазвичай украй мала. Натиск нетто  $H$ , який діє на турбіну, складає

$$H = H_{бр} - \Delta H \quad (2)$$

де  $\Delta H$  – гідравлічні втрати натиску у водоприймачу, підвідних і відвідних водоводах (тунелях, трубопроводах, каналах) ГЕС.

Розрахунковий натиск нетто  $H_P$  дорівнює мінімальному натиску, за якого забезпечується встановлена потужність ГЕС.

**Установлена потужність ГЕС**  $N_{вст}$  дорівнює сумі паспортних потужностей генераторів, встановлених на ГЕС гідроагрегатів, і складає:

$$N_{вст} = 9,81QH_P\eta \quad (3)$$

де  $Q$  – витрата ГЕС за розрахункового натиску;  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії гідроагрегату, рівний  $\eta = \eta_m \eta_n$  ( $\eta_m = \eta_m \eta_n$  – ККД відповідно турбіни і генератора).

Втрати натиску на ГЕС орієнтовно можуть складати близько 1 – 5 %, причому вони є меншими за греблевою схемою і безнапірним дериватом і збільшуються за напірного деривату.

**Коефіцієнт корисної дії** гідросилового устаткування (гідроагрегату) орієнтовно може скласти 90 – 94% залежно від типу і характеристик турбіни і

генератора. В цілому на ГЕС потенційна енергія потоку перетвориться на електричну з високим ККД на рівні 86 – 93 %.

### **Контрольні питання**

- 1 Використання водних і гідроенергетичних ресурсів.
- 2 Гідроелектростанції.
- 3 Основні енергетичні параметри ГЕС.

## Тема 2 ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

- 2.1 Загальні відомості.**
- 2.2 Графіки електричних навантажень енергосистем.**
- 2.3 Гідроакумуючі електростанції (ГАЕС).**
- 2.4 Основне гідросилове обладнання.**
- 2.5 Основні енергетичні параметри ГАЕС. Натиски ГАЕС.**

### 2.1 Загальні відомості

Практично в усіх країнах світу великі електростанції спільно діють в енергосистемах, що забезпечує найбільш ефективну їх роботу. До складу таких енергосистем входять різні типи електростанцій, підстанції, лінії електропередач.

Управління роботою енергосистем здійснюють їх диспетчерські управління. На диспетчерські покладається оперативне керівництво режимами роботи електростанцій, що дозволяє оптимізувати роботу усіх електростанцій, ліній електропередач тощо.

Окремі енергосистеми з'єднуються високовольтними лініями електропередач, утворюючи об'єднані енергосистеми, що дає можливість підвищити якість електроенергії і надійність енергопостачання споживачів.

Об'єднана енергосистема України з Центральним диспетчерським управлінням (ЦДУ) в місті Києві включає 8 енергосистем.

До єдиної енергосистеми Росії входять об'єднані енергосистеми європейської частини і Сибіру.

Об'єднання енергосистем забезпечує підвищення ефективності й надійності їх роботи, якості електроенергії, дозволяє понизити резервні потужності, але вимагає розвитку ліній електропередач, збільшення їх протяжності, пропускної спроможності і напруги.

Характерною тенденцією світової енергетики є міжнародне об'єднання національних енергосистем в єдину систему, що дозволяє оптимізувати їх роботу, здійснюючи значні перетікання потужності, особливо в періоди піків і провалів в добовому графіку навантажень.

Об'єднані енергосистеми України і Росії пов'язані між собою і з об'єднаними енергосистемами західноєвропейських країн.

В енергосистемах, окрім потужностей для покриття планового навантаження, передбачаються резервні потужності:

- аварійний резерв, необхідний у разі аварій на окремих електростанціях, лініях електропередач і їх аварійного відключення;
- резерв навантаження (частотний) – для покриття випадкових позапланових підвищень навантаження, вирівнювання балансу між

енергоспоживанням і його покриттям і забезпечення нормативної частоти електричного струму;

– ремонтний резерв, необхідний у ряді випадків для проведення ремонтів агрегатів.

Сумарний резерв систем може досягати 10–30 % від максимуму навантаження.

Наприклад, в об'єднаних енергосистемах різних енергорайонів США перевищення загальної встановленої потужності електростанцій над максимумом навантаження складає 15–28 %.

Аварійний резерв і резерв навантаження системи повинні розміщуватися на високоманеврених електростанціях (ГЕС, ГАЕС), оскільки їх введення повинне здійснюватися за короткий час.

## 2.2 Графіки електричних навантажень енергосистем

Споживачі електричної енергії, куди входять промислові, сільськогосподарські, комунально-побутові підприємства, освітлення, електрифікований транспорт, населення тощо, в силу специфіки своєї роботи і відповідно електроспоживання, створюють нерівномірне електричне навантаження енергосистем, зміну якого в часі зображують у вигляді графіків навантаження. Такі графіки характеризують зміну навантаження протягом доби, тижня, місяця, року.

У різних країнах залежно від кліматичних і соціально-економічних умов графіки навантажень мають свої особливості.

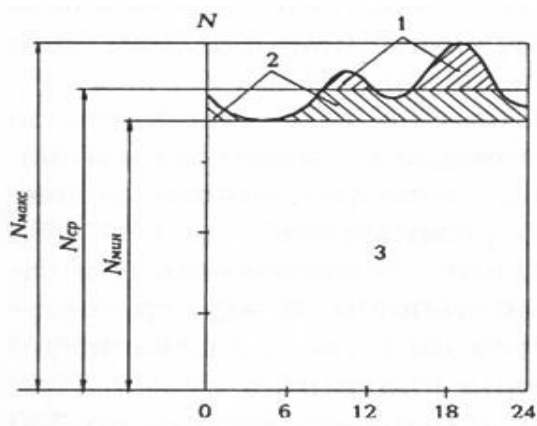
Значна частина виробленої електроенергії (80–88 %) буде використана споживачами, іншу частину складуть втрати в ЛЕП в процесі передачі електроенергії і трансформації напруги, а також власні потреби електростанцій.

Характерними добовими графіками навантаження є: графік максимального робочого дня, який характеризується найбільшим добовим навантаженням енергосистеми, графік середнього дня, що характеризується середнім навантаженням, і графік мінімального дня (зазвичай недільного), який характеризується мінімальним навантаженням.

Форма добового графіка навантаження енергосистеми визначається характером і тривалістю роботи споживачів електроенергії (рис. 2).

В умовах України для добового графіка навантаження зимового дня зазвичай характерними є два піки: вечірній та вранішній і два провали: глибший нічний і денний. Добовий графік навантаження літнього дня може мати, окрім уранішнього й вечірнього, один-два денні піки.

У добовому графіку навантаження зазвичай виділяють три характерні зони:



- 1 – пікова зона;
- 2 – напівпікова зона;
- 3 – базисна зона

Рисунок 2 – Добовий графік навантаження енергосистеми

1) **базис** – частина графіка, розташована нижче за горизонтальну лінію, що проходить на рівні мінімальної потужності ( $N_{min}$ );

2) **напівпік** – частина графіка, розташована між горизонтальними лініями на рівні середньої ( $N_{cp}$ ) і мінімальної  $N_{min}$  потужностей;

3) **пік** – частина графіка, розташована вище за горизонтальну лінію, що проходить на рівні  $N_{cp}$ .

У зв'язку з інтенсивним зростанням комунально-побутового й сільськогосподарського навантажень, зміною режиму роботи промислових підприємств, підвищенням рівня автоматизації разом зі збільшенням у цілому навантажень енергосистем спостерігається тенденція значного приросту пікових потужностей і

розущільнення графіка.

Слід зазначити, що зростання інтенсивності підйому навантаження помітне особливо в момент вранішнього піку, що пов'язано з початком роботи промислових підприємств.

Річні графіки навантаження енергосистем характеризуються:

- зменшенням навантаження в літні місяці (в основному в зв'язку зі зниженням комунально-побутового навантаження) для країн Західної Європи, Росії, України;

- збільшенням навантаження в літні місяці в країнах з жарким кліматом (у зв'язку зі збільшенням побутових навантажень, зрошуванням тощо).

Для планування розвитку електроенергетики на підставі перспективи розвитку електроспоживання споживачами складаються перспективні графіки навантаження енергосистем на 5–20 років уперед.

## 2.3 Гідроакумуючі електростанції (ГАЕС)

ГАЕС використовуються для регулювання електроенергії в енергосистемі, перерозподіляють в часі відповідно до графіка навантажень електроенергію, що виробляється тепловими й атомними електростанціями.

Перша ГАЕС потужністю 100 кВт була побудована в кінці XIX століття біля Цюріха (Швейцарія). Широке застосування ГАЕС почалося в другій



половині ХХ століття, що пов'язано зі збільшенням потужності об'єднаних енергосистем за рахунок введення великих теплових і атомних електростанцій.

До 2000 року в світі експлуатувалося більше 350 ГАЕС сумарною потужністю близько 125 млн кВт і в теперішній час будується більше 40 ГАЕС сумарною потужністю близько 30 млн кВт.

В Україні з 1971 року експлуатується Київська ГАЕС потужністю 0,23 млн кВт, будуються Дністровська ГАЕС потужністю 2,27 млн кВт, Ташликська ГАЕС потужністю 0,9 млн кВт.

Ефективність ГАЕС залежить від сукупності основних чинників, включаючи природні умови і в першу чергу топогеологічні умови майданчика, що визначають натиск; потужність та параметри підвідних і відвідних водоводів, сейсмічність; можливість використання існуючих водосховищ; розміщення в центрі навантажень або на периферії енергосистеми; типи й параметри електростанцій енергосистеми; наявність ЛЕП для видачі потужності; ККД циклу гідроаккумуляції тощо.

Аналізуючи вплив окремих чинників, слід зазначити, що в цілому збільшення натиску є сприятливим чинником, так як дозволяє зменшити об'єм водосховищ, габарити будівлі ГАЕС, проте може привести до значного подовження водоводів, видаленості від центру навантажень. ГАЕС будують як за високих, так і за середніх натисків.

Як правило, сучасні ГАЕС прагнуть розмістити ближче до центра навантажень, у багатьох випадках поряд з потужними ТЕС або АЕС так, що ГАЕС стають їх супутниками, а в ряді випадків використовують технологічне об'єднання в єдиний енергетичний комплекс.

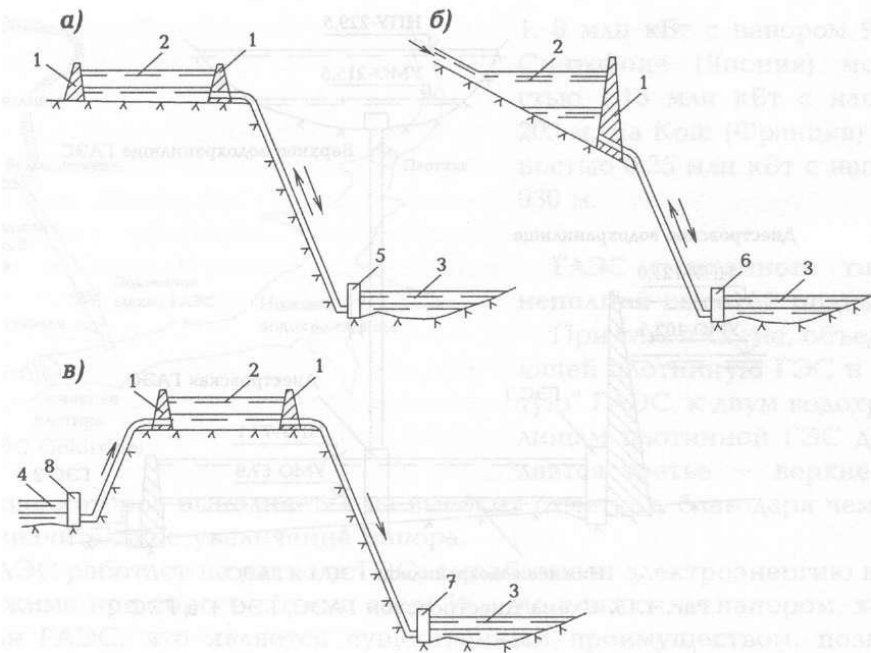
У насосному режимі ГАЕС працюють зазвичай вночі, коли в енергосистемі у зв'язку зі зниженням навантаження є надлишок електроенергії, яка використовується на перекачування води з нижнього водосховища в верхнє. При цьому ГАЕС заповнює провал у графіку навантажень енергосистеми, покращуючи режим роботи ТЕС і АЕС.

У турбінному режимі ГАЕС, скидаючи воду через турбіни з верхнього водосховища в нижнє, виробляє електроенергію для покриття піків графіка навантажень енергосистеми.

На ГАЕС верхня й нижня водойми розраховані на розміщення гідроакуюлюючої місткості.

На ГАЕС застосовуються основні схеми акумуляції, які наведено на рисунку 3.

**ГАЕС з простою акумуляцією, або "чисті ГАЕС".** У даних ГАЕС відсутній приплив у верхнє водосховище, що виконується в основному штучно. Низовим водосховищем ГАЕС зазвичай є водосховище на річці. При цьому в циклі гідроакуюлюючої об'єм води, що скидається через агрегати ГАЕС у процесі роботи в турбінному режимі ( $W_T$ ), дорівнює об'єму води, що закачується в насосному режимі ( $W_H$ ).



а) простої акумуляції; б) змішаного типу; в) з неповною висотою підкочування : 1 – гребля; 2 – верхнє водосховище; 3 – нижнє водосховище; 4 – водосховище; 5 – ГАЕС; 6 – ГЕС–ГАЕС; 7 – ГЕС; 8 – насосна станція

Рисунок 3 – Принципові схеми ГАЕС

За такої схеми за рахунок розташування верхнього водосховища на високих відмітках досягаються відповідні натиски на ГАЕС, завдяки чому зменшується об'єм призми акумуляції, рівний корисній місткості верхнього водосховища, і, крім того, за рахунок великого спрацювання води у верхньому водосховищі (до 10 – 30 м) скорочується його площа.

Перевагою такої схеми є можливість розміщення ГАЕС в місцях зі значним перепадом рельєфу, отримання високих натисків, причому в багатьох випадках використовують невеликі потоки для створення нижніх водосховищ відносно невеликої місткості, щоб зменшити площу відчуження земель і понизити негативну дію на довкілля.

У якості нижнього водосховища можуть використовуватися водосховища комплексного призначення, у тому числі існуючі, а також озера та морські затоки.

Існують пропозиції щодо використання для нижніх водосховищ вироблених кар'єрів, підземних виробітків у міцних скельних породах у вигляді тунелів.

ГАЕС з підземними нижніми водосховищами дозволяють отримати натиски 1000 м і більше, використовувати уніфіковані конструктивні рішення й устаткування. Проекти таких ГЕС, виконані в Канаді, Швеції і колишньому СРСР, показали, що за сприятливих природних умов вони можуть успішно конкурувати із звичайними ГЕС та зменшувати площу відчужуваних земель.

**ГАЕС змішаного типу, або ГЕС–ГАЕС.** За такою схемою об'єднуються ГЕС і "чиста" ГАЕС із загальними верхнім і нижнім водосховищами, причому в якості верхнього використовується водосховище з природним припливом, що характерно для ГЕС, завдяки якому досягається додаткове вироблення електроенергії в турбінному режимі. При цьому

$$W_T = W_H + W_{PP}, \quad (4)$$

де  $W_{PP}$  – додатковий об'єм, отриманий за рахунок природної притоки ріки в верхнє водосховище.

Вироблення електроенергії таких ГЕС–ГАЕС складає

$$E = E_{ГАЕС} + E_{ГЕС}, \quad (5)$$

де  $E_{ГАЕС}$  – електроенергія, що виробляється в турбінному режимі в процесі скидання об'єму води  $W_H$ , закачуваного в насосному режимі;  $E_{ГЕС}$  – електроенергія, що виробляється в турбінному режимі в процесі скидання  $W_{PP}$ .

Дана схема застосовується на ГЕС–ГАЕС Гранд–Мезон (Франція) потужністю 1,8 млн кВт з натиском 905 м, Синтойоне (Японія) потужністю 1,15 млн кВт з натиском 203 м, Та Кіш(Франція) потужністю 0,35 млн кВт з натиском 930 м.

**ГАЕС змішаного типу з неповною висотою підкочування.** За такої схеми, що об'єднує греблю ГЕС і "чисту" ГАЕС, до двох водосховищ греблі ГЕС додається третє – верхнє водосховище, яке створюється на високих відмітках, завдяки чому досягається значне збільшення натиску.

Така ГАЕС працює на витраті ГЕС, виробляючи електроенергію в турбінному режимі в процесі скидання об'єму води  $W_{PP}$ , але з високим натиском, характерним для ГАЕС, що є істотною перевагою і дозволяє значно збільшити потужність ГАЕС порівняно з ГЕС за наявності відповідних природних умов для створення верхнього водосховища.

За такою схемою вода в об'ємі  $W_{PP}$  з середнього водосховища (колишнє верхнє водосховище ГЕС) в насосному режимі перекачується у верхнє водосховище, з якого потім скидається в турбінному режимі в нижнє водосховище. При цьому

$$H_H < H_T, \quad (6)$$

де  $H_H$  – статичний натиск у насосному режимі;  $H_T$  – статичний натиск у турбінному режимі.

Така схема розглядалася під час проектування Терєблинської ГАЕС (Україна) потужністю 1,00 млн кВт.

**ГАЕС на ділянці міжбасейнового перекидання стоку.** Дана схема представляє ГАЕС змішаного типу з неповною висотою підкочування при

перекиданні стоку з однієї річки в іншу. При цьому на вододілі влаштовується верхнє водосховище. Вода з водосховища однієї річки закачується у верхнє водосховище насосною станцією і скидається з нього через агрегати ГЕС в іншу річку. За значної відстані між річками на ділянці перекидання стоку вода у верхнє водосховище може подаватися по каналу каскадом насосних станцій. Так, під час проектування каналу Дніпро–Донбас з поданням дванадцятьма насосними станціями витрати  $120 \text{ м}^3/\text{с}$  у верхнє Краснопавловське водосховище (канал уведений в експлуатацію) розглядався варіант будівництва ГЕС на скиданні з верхнього водосховища в річку Сіверський Донець.

Така схема застосована на ГЕС–ГАЕС Юктон (Швеція) потужністю 0,33млн кВт із закачуванням води насосною станцією з водосховища на річці Юктон у верхнє водосховище і скиданням з нього в турбінному режимі в нижнє водосховище на річці Юм, на ГЕС–ГАЕС Дрейкенсберг (ЮАР) потужністю 1,2млн кВт, що входить в систему перекидання стоку річки Тугела в річку Ваал.

Залежно від тривалості циклу акумуляції ГАЕС, що включає період роботи в насосному режимі з наповненням верхнього водосховища і період роботи в турбінному режимі з його спрацюванням, розрізняють: ГАЕС добової акумуляції, ГАЕС з тижневою акумуляцією і ГАЕС з сезонною акумуляцією.

**ГАЕС добової акумуляції.** Більшість експлуатованих ГАЕС працюють в режимі добової акумуляції. При цьому залежно від періоду роботи в турбінному режимі й відповідно до зони покриття графіка навантажень вони підрозділяються на *пікові*, з роботою в турбінному (генераторному) режимі в середньому 2 – 5 годин на добу, й *напівпікові* – 5 – 10 годин на добу.

*Пікові* й *напівпікові* ГАЕС в насосному режимі працюють в основному в період нічного провалу в графіку навантажень впродовж 6 – 7 годин на добу.

Для *пікових* ГАЕС потужність в турбінному режимі може бути більшою або близькою до потужності в насосному режимі.

У *напівпікових* ГАЕС, на відміну від *пікових*, за однакової потужності в турбінному режимі збільшується об'єм гідроакумуляції, а потужність в насосному режимі перевищує потужність в турбінному режимі.

Більшість ГАЕС є *піковими*. До них відносяться ті, що будуються: Дністровська ГАЕС потужністю 2,27 млн кВт і Ташлыкська ГАЕС потужністю 0,9 млн кВт (Україна), Загорська ГАЕС потужністю 1,2 млн кВт (Росія), Кайшядорська ГАЕС потужністю 1,6 млн кВт (Литва).

До *напівпікових* відноситься ГАЕС Ludington (США) потужністю 2,06млн кВт.

**ГАЕС з тижневою акумуляцією.** Такі ГАЕС мають різні режими роботи в робочі й вихідні дні. При цьому в вихідні дні за рахунок додаткової роботи ГАЕС в насосному режимі зменшується розвантаження великих базисних ТЕС і АЕС, а закачаний у верхнє водосховище у вихідні дні додатковий об'єм в робочі дні за роботи ГАЕС в турбінному режимі використовується для покриття пікової або напівпікової зони графіка навантажень системи.

За такого режиму в робочі дні можна збільшити потужність і вироблення в турбінному режимі, отримати в вихідні дні додаткову економію палива і в цілому підвищити ефективність, проте потрібне збільшення корисної місткості верхнього й нижнього водосховищ на величину додаткового об'єму, який має бути закумульований у верхньому водосховищі.

**ГАЕС з сезонною акумуляцією.** Такі ГАЕС мають різний режим роботи в літній і зимовий періоди року, а в країнах з вологим тропічним кліматом – в мокрий і сухий сезони.

Сезонний цикл на ГАЕС застосовується надзвичайно рідко й тільки за наявності сприятливих природних умов, включаючи великі існуючі водосховища або озера з великою корисною місткістю, яку ГАЕС може використати за сезонної акумуляції.

При цьому в літній період, коли навантаження зменшуються і в енергосистемі є надлишок потужностей, за рахунок додаткової роботи ГАЕС в насосному режимі забезпечується акумуляція води в верхньому водосховищі. Цей об'єм спрацьовується за роботи ГАЕС в турбінному режимі в осінньо-зимовий період, забезпечуючи додаткову потужність і вироблення ГАЕС для покриття пікової або напівпікової зони графіка навантажень.

Сезонна акумуляція може виявитися ефективною в схемах ГЕС– ГАЕС.

## 2.4 Основне гідросилове обладнання

У ГАЕС, працюючої в турбінному й насосному режимах, порівняно з ГЕС, істотно відрізняється основне гідросилове обладнання.

На ГАЕС найчастіше застосовується *двомашинна схема*, аналогічна ГЕС, з двигуном-генератором замість генератора на ГЕС і оборотна гідромашина (насос-турбіна) – замість турбіни.

*Трьохмашинна схема* включає двигун-генератор, окрему турбіну й насос на одному валу з ним.

*Чотирьохмашинна* схема складається з окремого гідротурбінного агрегата з генератором і турбіною й окремого насосного агрегата з двигуном і насосом.

## 2.5 Основні енергетичні параметри ГАЕС. Натиски ГАЕС

Статичний натиск  $H_{ст}$ , визначуваний як різниця рівнів верхнього й нижнього водосховищ, змінюється в турбінному й насосному режимах під час наповнення і звільнення водосховищ.

У турбінному режимі натиск на оборотній гідромашині зменшується за

рахунок гідравлічних втрат натиску  $\Delta H_T$  у водоводах, проточному тракті будівлі ГАЕС.

Натиск (нетто) в турбінному режимі  $H$  визначається так само як і для ГЕС за формулою (2).

$$H = H_{бр} - \Delta H, \quad (2)$$

де  $\Delta H$  – гідравлічні втрати натиску в водоприймальному, підвідних і відвідних водоводах ГЕС (тунелях, трубопроводах, каналах).

У насосному режимі натиск на оборотній машині, навпаки, зростає за рахунок гідравлічних втрат натиску  $\Delta H_T$  в тих самих водоводах, проточному тракті будівлі ГАЕС.

Натиск у насосному режимі  $H_H$  складає

$$H_H = H_{ст} + \Delta H_H. \quad (7)$$

Потужність у турбінному режимі визначається так само, як і для пікової ГЕС (за формулою (3)).

Потужність і споживання електроенергії в насосному режимі визначаються таким чином:

$$N_H = 9,81 Q_H \cdot \eta_H; \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_H = N_H \cdot T_H, \quad (9)$$

де  $Q$  – витрата, що закачується в верхню водойму;  $\eta_H$  – коефіцієнт корисної дії насосного агрегата або оборотного гідроагрегата в насосному режимі;  $T_H$  – час роботи в насосному режимі.

Коефіцієнт корисної дії ГАЕС (ККД циклу) для схеми "чистої" ГАЕС складає

$$\eta_{ГЕЭС} = \mathcal{E}_T / \mathcal{E}_H. \quad (10)$$

ККД циклу ГАЕС враховує інтегрально всі втрати енергії впродовж циклу, включаючи ККД гідросилового устаткування, втрати натиску в водоводах, проточному тракті будівлі ГАЕС під час роботи в турбінному й насосному режимах. ККД циклу сучасних ГАЕС може складати 75%.

### Контрольні питання

- 1 Графіки електричних навантажень енергосистем.
- 2 Гідроакумуючі електростанції (ГАЕС).
- 3 Основне гідросилове обладнання.
- 4 Основні енергетичні параметри ГАЕС. Натиски ГАЕС.

## **Тема 3 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ**

### **3.1 Основні водокористувачі і водоспоживачі.**

### **3.2 Особливості комплексного використання водних ресурсів.**

### **3.1 Основні водокористувачі і водоспоживачі**

**Водопостачання комунального господарства, промисловості.** Забезпечення водоспоживання комунального господарства й промисловості, що складають близько 40 % від сумарного водоспоживання, є найважливішим завданням водно-господарського комплексу (ВГК). За останні 25 років у світі водоспоживання на ці потреби зросло в три рази, значно випереджаючи загальне зростання водоспоживання.

Водопостачання великих міст та промисловості в більшості країн в основному ґрунтується на водосховищах, враховуючи, що для господарсько-питного водопостачання потрібна висока розрахункова забезпеченість витрат води, що забирається (для маловодного року приймається 95 %), а також у край обмежені ресурси підземних вод, які можна використати для даних цілей.

Для цього використовуються як великі водосховища комплексного призначення, так і порівняно невеликі водосховища на малих річках і припливах, основним призначенням яких є водопостачання.

Водні ресурси річки Дніпро й водосховищ Дніпровського каскаду ГЕС використовуються для водопостачання населення, комунального господарства міст і населених пунктів, промисловості на території, де мешкає близько 35 млн осіб. Більше 4 км<sup>3</sup> води з дніпровських водосховищ щорічно перекидається в маловодні райони Донбасу, Криму, Приазов'я, Кривого Рогу і т.д.

Проблема забезпечення постійно зростаючого водоспоживання населенням і промисловістю залишається актуальною для більшості країн Західної Європи, України, Росії, Японії, багатьох регіонів США, Китаю, Індії, Бразилії та інших країн.

У країнах, де основна частина електроенергії виробляється ТЕС і АЕС, на теплоенергетику доводиться до 50 – 80 % водоспоживання промисловості.

Для технічного водопостачання ТЕС і АЕС в основному застосовуються оборотні системи, що використовують спеціальні водосховища-охолоджувачі або випарні градирні, і рідко – прямоточні системи, що використовують потоки й водосховища комплексного призначення.

Для технічного водопостачання ТЕС потужністю 1 млн кВт в середньому необхідно 0,9 км<sup>3</sup> води на рік, основна частина (90 – 95 %) якої використовується для охолодження конденсаторів турбін, а за оборотної системи близько 5 % даного об'єму повинне складати підживлення свіжою

водою для компенсації безповоротних втрат води в технологічному циклі ТЕС (в основному на випар), а також продування системи охолодження для підтримки в ній допустимого сольового режиму.

Потреба в воді для технічного водопостачання АЕС в середньому більше, ніж у 1,5 раза вища порівняно з ТЕС.

Найбільші безповоротні втрати води мають місце за оборотної системи технічного водопостачання з випарними градирнями, складаючи 1,5 – 2 % від загального водоспоживання.

Враховуючи значне водоспоживання, у багатьох випадках наявність водних ресурсів є вирішальним чинником під час обрання майданчика для розміщення ТЕС і АЕС.

### **Водопостачання сільського господарства, зрошування й обводнення.**

Одним із основних водокористувачів є зрошування спільно з сільськогосподарським водопостачанням. Їх водоспоживання складає більше 50% від загального водоспоживання і більше 80% – від безповоротного.

У всі часи страшними стихійними лихами разом з повенями були сильні посухи, коли кам'яніла, тріскалася від спеки земля і згорали на корені хліби, прирікаючи на голод і смерть сотні тисяч людей. В історичних документах існує безліч відомостей про катастрофічні посухи.

Зрошування земель для підвищення врожайності сільськогосподарських культур широко застосовується у багатьох країнах (Китай, Індія, США, Росія, Україна, Болгарія, Румунія, Узбекистан, Туркменія, Туреччина, Іран, Єгипет, Ізраїль, Алжир, В'єтнам та ін.) в різних кліматичних умовах, в посушливих районах і в районах з вологим кліматом, враховуючи нерівномірність опадів як впродовж року (наприклад, мокрий і сухий сезони в районах вологих тропіків), так і в багаторічному розрізі (наприклад, в Україні).

Динаміка розвитку зрошеного землеробства характеризується збільшенням площ зрошуваних земель з 1970 по 2000 роки: в цілому в світі з 234 до 420 млн га (у 1,8 раза), в тому числі в Азії – від 170 до 300, в Європі – від 21 до 45, в Північній Америці – від 25 до 35, в Південній Америці – від 7 до 15 млн. га, в Африці – від 9 до 18 млн га.

В умовах швидкого зростання площ зрошуваних земель їх водозабезпечення здійснюється в основному за рахунок регулювання стоку водосховищами. Їх вклад у світове виробництво продуктів харчування оцінюється в 12 – 16 %.

Дуже актуальною є проблема зниження безповоротних втрат води на зрошування, що може бути досягнуто за рахунок широкого застосування сучасних водозберігаючих технологій, зменшення втрат на фільтрацію в зрошувальних каналах у процесі здійснення облицювань тощо.

**Гідроенергетика.** Використання поновлюваних гідроенергетичних ресурсів є провідним напрямом багатьох Водних Господарських Комплексів, і в багатьох випадках саме ГЕС стають основою створення ВГК, переймаючи на



себе велику частину витрат, пов'язаних з його будівництвом.

Динаміка використання гідроенергетичних ресурсів характеризується збільшенням вироблення на ГЕС і ГАЕС за останні 25 років в 2,3 раза.

ГЕС і ГАЕС виконують найважливішу роль в об'єднаних енергосистемах, забезпечуючи покриття найбільш складної пікової частини графіка навантажень, заповнення нічних провалів, поліпшення структури генеруючих потужностей енергосистем, виконуючи функції швидкодіючого аварійного й частотного резерву енергосистем і в цілому підвищуючи надійність енергопостачання.

ГЕС в основному використовують водосховища комплексного призначення, ГАЕС також у багатьох випадках в якості нижньої водойми використовують водосховища комплексного призначення, а в якості верхньої – в основному штучні водойми, призначені тільки для роботи ГАЕС.

У процесі експлуатації ГЕС і ГАЕС безповоротні втрати води пов'язані практично тільки з випаром з водної поверхні водосховищ і з фільтрацією з водосховищ.

**Захист від повеней.** Історія людства знає немало катастрофічних повеней, що призводили до затоплення величезних територій і незліченних лих, загибелі людей, знищення міст, сіл, посівів.

Ще в давні часи захист від повеней у багатьох випадках був найважливішим завданням створюваних водосховищ.

У 1931 році була велика повінь на річці Дніпро з вірогідністю один раз в 300 років. Тільки завдяки водосховищам вона не принесла незліченних бід.

Підйоми рівнів в річках під час повеней викликаються різними причинами.

У багатьох країнах (у Західній Європі, Росії, Україні, Казахстані, Узбекистані, Туреччині, Ірані, частині території Китаю, Канаді, США і т.д.) повені відбуваються в результаті швидкого танення снігу або льодовиків у басейні річок та випадання щедрих опадів.

У період льодоходу причиною повеней може бути захаращування русла льодом (затори) або закупорювання його скупченням внутрішньоводного льоду під нерухомим крижаним полем (зажори), що особливо характерно для північних річок. Так, у травні 1982 року рівень річки Іртиш у місті Омськ (Росія) в результаті затору піднявся майже на 8 метрів.

На гирлових ділянках річок, що впадають в моря, причиною повеней є вітри наганянь з боку моря, що викликають підймання рівня води в річці за рахунок затримки води, що тече по річці, в її гирлі.

У 1952 році в Голландії була затоплена третя частина території в результаті повені типу наганяння, що прорвала захищаючі греблі.

У районах мусонного клімату (частина Китаю, В'єтнам, Таїланд, Індія та ін.) повені відбуваються в мокрий сезон влітку, восени в результаті випадання щедрих дощів у басейнах річок.

Найефективнішим способом боротьби з повенями є регулювання стоку

водосховищами: а) створенням у ньому протипаводкової ємності, яка заповнюється в період паводку; б) підвищенням (форсуванням) рівня водосховища над нормальним підпірним рівнем (НПР) в період пропуску паводку. Завдяки цьому в період паводку різко зменшується витрата, що скидається з водосховища, порівняно з тим, що притікає у водосховище.

**Примітка.** Рівень нормальний підпірний (НПР) – це найвищий проектний підпірний рівень водосховища, який може підтримуватися в нормальних умовах експлуатації гідротехнічних споруд.

В Україні будівництво каскаду ГЕС на річці Дніпро фактично ліквідувало загрозу повеней в її басейні, а в районах Закарпаття, де на річках практично відсутні протипаводкові водосховища, великі повені, що часто повторюються, завдають величезних збитків.

Захист від повеней є одним з найважливіших економічних, соціальних і природоохоронних завдань, що вирішуються водосховищами.

**Водний транспорт.** Будівництво водосховищ у багатьох випадках дозволяє створити на річках глибоководні внутрішні водні шляхи для великотоннажних судів. При цьому до складу гідровузлів входять судноплавні шлюзи й суднопідйомники, на великих водосховищах влаштовують річкові порти.

Внутрішні водні шляхи багатьох країн річками і системами каналів пов'язані між собою, забезпечуючи перевезення вантажів без перевалок водними шляхами цих країн, включаючи морські порти.

Так, внутрішніми водними шляхами Європейської частини Росії вантажі можуть перевозитися з портів Каспійського моря в Балтійське і Біле моря, а також у Латвію та Фінляндію.

В Україні після завершення будівництва каскаду дніпровських ГЕС була створена глибоководна транспортна система завдовжки 870 км, тому з'явилася можливість використання великотоннажних суден вантажопідйомністю 3,5 тис тонн. Вантажообіг по Дніпру різко зріс і у 1985 році склав близько 60 млн тонн.

Собівартість перевезення вантажів внутрішніми водними шляхами значно нижча порівняно з іншими видами перевезень.

У країнах, де річки використовуються для лісосплаву, створення на них каскадів водосховищ у багатьох випадках покращує його умови.

**Рибне господарство.** Вплив великих водосховищ і гідроенергетичних об'єктів, створення яких істотно змінює гідрологічний, гідротермічний, рівневий, швидкісний, гідробіологічний, гідрохімічний режими річок, на рибне господарство неоднозначний.

До основних негативних наслідків слід віднести:

– скорочення тривалості й витрат повені в нижньому б'єфі гідровузлів у результаті сезонного перерозподілу стоку, що призводить до зменшення обводнення нерестовищ особливо в маловоді роки;

– порушення природних умов з припиненням доступу напівпрохідних і прохідних риб до нерестовищ, розташованих вище за гідровузл.

У той самий час істотні позитивні чинники, а саме: значне збільшення площі водної поверхні й об'єму води водосховищ, розширення кормової бази, дозволяють багаторазово збільшити рибні ресурси.

Для ефективного рибогосподарського використання водосховищ слід раціонально вести рибне господарство і передбачати необхідні заходи щодо мінімізації негативних наслідків. З цією метою на багатьох великих водосховищах комплексного використання проводиться зарибнення цінними породами риб, створюються заводи рибоводів, рибопитомники, штучні нерестовища, до складу гідровузлів включаються рибопідйомники тощо.

У разі комплексного використання водосховищ для визначення режимів їх експлуатації разом з іншими водокористувачами враховуються й вимоги рибного господарства, у зв'язку з чим можуть вводитися, наприклад, певні обмеження на режим роботи ГЕС в період нересту, спеціальні рибогосподарські попуски тощо.

**Рекреаційне використання.** Водосховища, відіграючи істотну роль в організації відпочинку населення, вирішують важливе соціальне завдання, оскільки відпочинок у сприятливому природному середовищі потрібний людині для духовного й фізичного розвитку, для повнокровного життя. Проблемам рекреаційного використання водосховищ приділяється велика увага в багатьох країнах.

На берегах водосховищ комплексного призначення, особливо розташованих в рівнинній місцевості, зазвичай знаходиться багато населених пунктів, у тому числі й великі міста. Дані водосховища широко використовуються з рекреаційною метою.

Характерним прикладом такого використання є водосховища Дніпровського каскаду ГЕС в Україні, Волзького каскаду ГЕС в Росії, каскаду ГЕС на річці Теннессі в США тощо.

На водосховищах в гірських або віддалених малонаселених районах часто створюються спеціальні туристські й оздоровчі комплекси для тривалого відпочинку, які користуються великою популярністю, наприклад в Австрії, Швейцарії, Італії, США, Японії та інших країнах.

Під час будівництва водосховищ створюється інфраструктура, включаючи дороги, інженерні комунікації, запроваджуються природоохоронні заходи (лісомеліоративні, озеленення прибережної зони, кріплення берегів, будівництва очисних споруд і т.д.), а також благоустрій берегової зони в межах населених пунктів, у тому числі облаштування гідропарків, пляжів, що сприяє їх рекреаційному використанню.

У процесі оцінювання напрямів використання зони водосховища для цих

цілей враховується вся сукупність умов, включаючи кліматичні, ландшафтні, гідрологічні, санітарно-гігієнічні режими експлуатації водосховища та нормативні вимоги.

Украй важливо під час проектування враховувати особливості рекреаційного використання водосховищ, передбачивши необхідні заходи й відповідні режими їх експлуатації, оптимальні рекреаційні навантаження на його акваторію і прибережну зону, етапи й терміни рекреаційного освоєння.

Для рекреаційного використання водосховищ слід забезпечити відповідність нормативам якості води, не допускати скидання забруднень, неочищених стоків у зоні водосховища й у цілому в басейні річки.

Під час використання водосховищ комплексного призначення для рекреації виникають певні труднощі й протиріччя між учасниками комплексу, які повинні вирішуватися в процесі розробки оптимальних режимів експлуатації водосховищ, що враховують інтереси всіх учасників ВГК.

Так, на період рекреаційного використання водосховищ вводяться обмеження на величини й швидкість зміни їх рівнів (до 1,5 – 2 метрів протягом доби зі швидкістю зміни до 0,5 метра за годину), що може відбитися на режимі роботи ГЕС і ГАЕС в даний період.

Робота ГЕС в нерівномірному режимі в розрізі доби в момент покриття пікової частини графіка може привести до значних коливань рівнів і швидкості води в нижньому б'єфі, а скидання її через агрегати ГЕС з глибинних шарів водосховища – до різких змін температури водних мас. Для вирішення цих питань у ряді випадків змінюється конструкція водоприймальників ГЕС із забезпеченням селективної огорожі води, будуються регулюючі (буферні) гідровузли, вводяться певні обмеження на режим роботи ГЕС тощо.

Так, у нижньому б'єфі Саяно-Шушенської ГЕС (Росія) потужністю 6,4млн кВт побудована регулююча Майнська ГЕС, що забезпечує рівномірні попускання в річку. Слід зазначити, що ці проблеми значно пом'якшуються в умовах роботи каскаду ГЕС.

У разі рекреаційного використання водосховищ, що здійснюють сезонне й багаторічне регулювання стоку, в маловодні роки відбувається спрацювання корисного об'єму й зниження рівня аж до рівня мертвого об'єму (РМО), у зв'язку з чим вимагається передбачати спеціальні інженерні заходи в зонах відпочинку в дані періоди.

**Примітка.** Рівень мертвого об'єму (РМО) – це мінімальний рівень водосховища в разі спрацювання його корисного об'єму, допустимий в умовах нормальної експлуатації водосховища.

В якості ефективного використання водосховищ для рекреаційних цілей можна навести досвід США, де в другій половині ХХ століття почався справжній рекреаційний бум. Кількість середніх і великих водосховищ, використовуваних для цих цілей, нестримно зростала і вже в 1987 році налічувалося більше 1100 таких водосховищ (як комплексного призначення,

так і спеціальних – для рекреації), забезпечених розгалуженою рекреаційною інфраструктурою, причому дохід від рекреаційного використання водосховищ комплексного призначення часто перевищував дохід, що отримується від інших водокористувачів.

За наявності відповідних умов рекреаційне використання водосховищ комплексного призначення дозволяє істотно підвищити його економічну ефективність, соціальну значущість і збільшити кількість прибічників реалізації проекту.

**Забезпечення санітарно-екологічних попускань.** Найважливіше природоохоронне й соціальне значення має забезпечення з водосховищ гарантованих санітарно-екологічних попускань в межові періоди маловодих років. Такі попускання можливі під час здійснення водосховищами сезонного або багаторічного регулювання, враховуючи, що природний стік річок розподіляється всередині року вкрай нерівномірно.

Так, у країнах Західної Європи, України, Росії, США, Канади та інших на період повені (2 – 3 місяці) доводиться більше половини річного стоку. При цьому в межовий період особливо маловодих років через різке зменшення витрат (у 20 – 50 разів порівняно з середньобагаторічним) може не забезпечуватися нормальна робота господарсько-питних водозаборів, різко погіршується якість води, створюється складна екологічна й санітарно-епідеміологічна обстановка. Наприклад, середньодобові витрати річки Південний Буг (Україна) в створі села Олександрівка в межовий період маловодих років зменшувалися до 2,6 м<sup>3</sup>/с в окрему добу за середньобагаторічною витратою 96 м<sup>3</sup>/с.

Саме завдяки регулюючим можливостям водосховищ (сезонного й багаторічного регулювань) досягається перерозподіл природного стоку як усередині року, так і в багаторічному розрізі, що дозволяє підвищити його стійкість, збільшити витрати в межові періоди, забезпечуючи необхідні санітарно-екологічні попускання.

Використання водосховищ комплексного призначення являється практично єдиним способом забезпечити гарантовану витрату в річці в межові періоди маловодих років не нижче санітарно-екологічних попускань.

### **3.2 Особливості комплексного використання водних ресурсів**

Вода займає особливе місце серед природних ресурсів, вона використовується абсолютно в усіх циклах виробництва й природно-природного відтворення, в усіх сферах життєзабезпечення живої матерії, будучи в усі часи найважливішим чинником, що визначає життя людей.

До водних ресурсів відносяться прісні води, які формуються стоком річок, запасами озер, водойм, розвіданих підземних вод, доступних для

використання.

Використання водних ресурсів є засадничим чинником економічного й соціального розвитку більшості країн. При цьому найбільший народногосподарський ефект досягається за комплексного використання водосховищ, виходячи з інтересів усіх водокористувачів, з урахуванням впливу на довкілля і прилеглі території в зоні водосховищ і в нижньому б'єфі, причому, чим більше функцій виконує водосховище, тим більш раціональне використання водних і земельних ресурсів, тим ефективнішим і виправданішим з позиції суспільства стає його створення. Тому переважна більшість великих експлуатованих водосховищ, що будуються, і проєктованих є комплексними.

Проблема комплексного використання водосховищ ГЕС є надзвичайно складною в усіх водогосподарських, соціально-економічних, екологічних аспектах, враховуючи багато в чому суперечливі вимоги водокористувачів – учасників ВГК, різноманіття природних умов і впливу на довкілля. Завдання оптимізації ВГК повинне вирішуватися в інтересах усіх водокористувачів, виходячи з прогнозів розвитку відповідних галузей господарства, на етапі вибору місця розташування і параметрів водосховища, складу споруджень гідровузла й природоохоронних заходів, умов і термінів підготовки ложа й заповнення водосховища, режимів експлуатації водосховища й гідроенергетичного об'єкта.

У багатьох випадках провідним учасником водогосподарського комплексу є гідроенергетика, на яку при цьому доводиться велика частина фінансування його будівництва, але режими експлуатації визначаються з урахуванням інтересів інших учасників ВГК, заземляючи до певної міри ефективність гідроенергетики.

Облік часто суперечливих інтересів учасників ВГК, включаючи розподіл водних ресурсів водосховища між ними в різні періоди впродовж року й особливо в маловоді роки, режими попусків з водосховищ, рівневі режими в водосховищі й у нижньому б'єфі – це завжди пошук розумного компромісу, базованого на досягненні максимальної соціально-економічної ефективності й забезпеченні екологічних вимог. Виходячи з цих умов, зазвичай розробляються правила експлуатації ВГК, на основі яких здійснюється фактичний режим його роботи з урахуванням ситуації, що реально складається.

З урахуванням інтересів гідроенергетики доцільно рівень водосховища зберігати високим впродовж року, тобто підтримувати нормальний підпірний рівень (НПР) для роботи ГЕС з максимальними натисками; водосховища сезонного й багаторічного регулювання спрацьовувати в маловоді роки тільки в період максимальних навантажень в енергосистемі (в осінньо-зимовий період у більшості країн Європи та ін.) і наповнювати в період паводків до НПР; здійснюючи добове регулювання, скидати воду через агрегати ГЕС тільки в періоди проходження пікової зони графіка навантажень.

Огороджування води на зрошування і водопостачання з водосховища, витрата води на шлюзування судів призводять до зменшення стоку, що проходить через ГЕС, а в маловодні роки для забезпечення зрошування – до

часткового спрацювання водосховища в період мінімальних навантажень в енергосистемі (в літній період для країн Європи та ін.).

Рівномірні попускання в нижній б'єф, такі як санітарно-екологічні, іригаційні, сільськогосподарські (наприклад, для затоплення заплавних лугов), попускання для підтримки необхідних судноплавних глибин, а також недопущення різких коливань рівнів у нижньому б'єфі в навігаційний період призводять до часткової роботи ГЕС у базисній частині графіка навантажень.

Боротьба з повенями вимагає спрацювання водосховища в межах протипаводкової призми перед паводковим періодом, а з урахуванням вимог рибного господарства потрібні значні рибогосподарські попускання в період весняної повені для забезпечення затоплення нерестовищ напівпрохідних і прохідних риб в заплавах річок, що за певних умов не дозволяє заповнити водосховище до НПР (нормальний підпірний рівень). Крім того, глибоке спрацювання водосховища в зимовий період може привести до загибелі риби. Так, спеціальні попускання в період весняної повені в інтересах рибного й сільського господарства для забезпечення повноводного режиму затоплення заплави в пониззях Волги знижують вироблення на ГЕС Волзького каскаду.

Разом з комплексним використанням водних ресурсів найважливішим завданням є їх охорона від забруднення і виснаження, що пов'язано в першу чергу із скиданням у водойми неочищених стічних вод, відбором води понад допустимі ліміти. Вимоги щодо охорони водних ресурсів у більшості країн регламентуються законодавством, в Україні таким законом є "Водний кодекс України".

### **Контрольні питання**

- 1 Основні водокористувачі й водоспоживачі.
- 2 Рекреаційне використання.
- 3 Забезпечення санітарно-екологічних попусків.
- 4 Особливості комплексного використання водних ресурсів.

## **Тема 4 КАСКАДИ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ І ВОДОСХОВИЩ. ТЕРИТОРІАЛЬНО-ВИРОБНИЧІ КОМПЛЕКСИ Й ЕНЕРГОКОМПЛЕКСИ**

### **4.1 Дніпровський каскад (Україна).**

### **4.2 Волзько-Камський каскад (Росія).**

### **4.3 Каскад на річці Теннесі (США).**

Найбільш ефективно використання водних і гідроенергетичних ресурсів досягається завдяки будівництву на річках каскадів ГЕС, що утворюють єдиний водогосподарський комплекс.

Створення каскадів ГЕС забезпечує повніше зарегулювання стоку й дозволяє максимальною мірою пов'язати інтереси гідроенергетики й інших учасників ВГК, хоча ускладнюється їх взаємодія в умовах комплексного використання водосховищ каскаду. Однак, з іншого боку, полегшується подолання протиріч між ними, завдяки чому досягається збільшення потужності й вироблення ГЕС, забезпечується можливість роботи ГЕС в піковій зоні відповідно до графіка навантажень у зв'язку з усуненням ряду обмежень щодо режиму попусків і рівнів у нижньому б'єфі тощо.

Вибір оптимальної схеми каскаду ГЕС є складним багатофункціональним завданням, що вирішується на підставі техніко-економічного порівняння варіантів і аналізу екологічних наслідків, виходячи з природних умов та прогнозу розвитку соціально-економічних умов регіону.

Принцип створення на річках каскадів ГЕС з водосховищами комплексного призначення є засадничим у всіх країнах. У багатьох випадках створення каскадів ГЕС має визначальне значення в соціально-економічному розвитку цілих регіонів. Приклади таких каскадів ГЕС, що утворюють єдині ВГК, і їх народногосподарське значення розглядаються нижче.

### **4.1 Дніпровський каскад (Україна)**

Дніпро є найбільшою річкою України і третьою за величиною річкою Європи. Площа водозбору до створу нижнього ступеня каскаду Каховської ГЕС складає 482000 км<sup>2</sup>. Дніпровський каскад має велике значення для народного господарства України. Його водосховища, в першу чергу Кременчуцьке й Каховське, забезпечують сезонне регулювання стоку річки Дніпро. Корисний об'єм водосховищ складає 34 % від середньобагаторічного стоку річки Дніпро. ГЕС каскаду з сумарною потужністю 3,67 млн кВт і виробленням електроенергії близько 90 % від вироблення всіх ГЕС України відіграють



найважливішу роль в об'єднаній енергосистемі України, покриваючи пікову частину графіка навантажень і забезпечуючи функції аварійного резерву й резерву навантаження.

Завдяки водосховищам Дніпровського каскаду забезпечується комунально-побутове, промислове й сільськогосподарське водопостачання найбільших регіонів країни (більше 50 % території країни), у тому числі в таких віддалених, як Донбас і Кривий ріг (за допомогою каналу Дніпро–Донбас з поданням 120 м<sup>3</sup>/с та Дніпро – Кривий ріг з поданням 43 м<sup>3</sup>/с), розв'язана проблема забезпечення водою Криму. За рахунок водосховищ Дніпровського каскаду зрошується більше 1 млн га земель в південних посушливих районах України і в Криму.

Каскад водосховищ забезпечує глибоководний шлях по Дніпру. Широко використовуються водосховища каскаду для рибного господарства, для рекреації, де щорічно відпочивають мільйони людей.

Дніпровський каскад експлуатується як єдиний ВГК з оптимізацією режиму роботи, що враховує інтереси всіх його учасників.

У зв'язку із скиданням у водосховища неочищених стічних вод, що призводить до надмірного розвитку синьо-зелених водоростей на ряді водосховищ, "цвітіння" і погіршення якості води, серйозною проблемою є забезпечення необхідної якості води в них шляхом будівництва в першу чергу очисних споруд, виконання інших природоохоронних заходів.

Враховуючи той дефіцит водних ресурсів в південних регіонах, що спостерігається вже нині, розглядається можливість підвищення в перспективі водовіддачі за рахунок збільшення корисної місткості Кременчуцького водосховища, проте це пов'язано із складними інженерно-технічними заходами, реконструкцією споруд і вимагає глибокого техніко-економічного й екологічного обґрунтування.

## **4.2 Волзько-Камський каскад (Росія)**

Волга є найбільшою річкою Європи. Площа водозбору складає 1,38 млн км<sup>2</sup>.

Волзько-Камський каскад, що включає 11 великих водосховищ, будучи одним із найбільших у світі ВГК, охоплює величезну територію найважливішого економічного регіону Росії, де мешкає майже третина населення і виробляється більше, ніж третина продукції, забезпечує водопостачання міст, промисловості, сільського господарства, зрошування тощо.

ГЕС каскаду потужністю близько 12 млн кВт виробляють 40 млрд кВт•год. Створений глибоководний водний шлях, на який припадає більше 75% річкових перевезень країни.

Водосховища каскаду дозволяють окропляти близько 8 млн га земель і

обводнювати 10 млн га земель, забезпечують попускання для обводнення Волго-Актубінської заплави, у водосховищах виловлюється близько 300 000 центнерів риби. На водосховищах відпочивають десятки мільйонів людей.

Створення водосховищ привели до затоплення близько 1 млн га сільськогосподарських земель, погіршили умови відтворення напівпрохідних риб у дельті Волги, ускладнили прохід риби до нерестовищ. Як і на Дніпровському каскаді, скидання у водосховища неочищених стічних вод призводить до погіршення якості води, що є серйозною проблемою цього найбільшого регіону країни.

### 4.3 Каскад на річці Теннессі (США)

Великий регіон своїм розквітом багато в чому зобов'язаний освоєнню водних і гідроенергетичних ресурсів річки Теннессі.

Теннессі – це п'ята за витратою води річка в США. Її водозбірна площа складає 106 000 км<sup>2</sup>. Середньорічна витрата в гирлі складає 1800 м<sup>3</sup>/с.

На річці Теннессі, а також її припливах зведено 33 гідровузли, які виконують регулювання стоку й забезпечують захист від повеней, водопостачання, вироблення електроенергії в середньому 17 млрд кВт-год на рік на ГЕС потужністю 4 млн кВт, судноплавство, рекреацію, рибне господарство, а також боротьбу з москітами тощо.

Каскад гідровузлів назавжди позбавив жителів долини річки від частих руйнівних повеней, забезпечив електроенергією і водою, що стало основою економічного розвитку цього раніше порівняно бідного регіону. До створення гідровузлів річка Теннессі була справжнім лихом для регіону. Регулювання паводків запобігло завданню збитків, які складали б сотні мільйонів доларів.

Вантажні водні перевезення збільшилися до 27 млн тонн на рік і продовжують зростати, економія за рахунок використання водного транспорту в 1970 році склала більше 54 млн доларів.

Створення каскаду водосховищ, змінивши докорінно характер прибережної зони, забезпечило сприятливі умови для житлового й цивільного будівництва та рекреації.

У нових умовах промислові підприємства будувалися на протязі всієї річки, зменшивши їх концентрацію в містах.

Дані водосховища стали основними зонами відпочинку в регіоні, а також одними з найбільш популярних зон відпочинку в США.

У 1963 році створений національний парк площею 69 000 га на території, обмежений з трьох сторін двома найбільшими водосховищами: Кентуккі на річці Теннессі і Барклей на річці Камберланд.

Після створення водосховищ популяція риб збільшилася в 50 разів. Любительський улов щорічно дає 6 000 – 9 000 тонн окуня й інших риб, а промисловий – 3 500 тонн зубатки, коропа, риби-буйвола.

Водосховища створюють сприятливі умови для водоплавних птахів, кількість зимуючих качок і гусей досягла 400 000 на рік.

Загальна площа сільськогосподарських земель в долині збільшилася в декілька разів.

Однією із складних екологічних проблем була малярія, на яку хворіла третина населення, що живе біля болотистих зон уздовж річки. Після їх затоплення деякі водосховища утворили нові зони мешкання комарів, але були вжиті необхідні заходи, тому з 1948 року не траплялося випадків захворювання на малярію. Найбільш ефективним способом боротьби з комарами було коливання рівнів із спрацюванням рівнів восьми основних водосховищ, розташованих вище за водосховище Кентуккі на 0,3 м, щотижня у весняно-літній період, завдяки чому личинки комарів викидаються на берег і знищуються.

Створення великих гідроенергетичних об'єктів з водосховищами комплексного призначення у багатьох випадках прямо пов'язане з проблемами малоосвоєних регіонів і є основою територіально-виробничих комплексів (ТБК).

Наприклад, на базі будівництва Братської ГЕС і Саяно-Шушенської ГЕС (Росія) в Сибіру в прилеглих до ГЕС малонаселених регіонах були створені потужні територіально-виробничі комплекси з розвинутою інфраструктурою і підприємствами алюмінієвої, машинобудівної, целюлозної, деревообробної, гірничо-збагачувальної та інших галузей промисловості, а також сільськогосподарськими об'єктами.

В останні десятиліття для підвищення надійності енергопостачання, зниження втрат електроенергії в лініях електропередач простежується прагнення до близького розміщення, а в деяких випадках до технологічного об'єднання базисних електростанцій (ТЕС і АЕС) і високоманеврених електростанцій (ГЕС і ГАЕС) в енергокомплекси. Робота всіх електростанцій тісно пов'язана з водосховищами, які потрібні для забезпечення безповоротного водоспоживання і найбільш ефективного охолодження циркуляційної води конденсаторів турбін ТЕС і АЕС та для створення натиску й акумулюючої місткості для ГЕС і ГАЕС.

В основі створення енергокомплексів лежить принцип багатоцільового використання водосховищ і підвищення ефективності електропостачання. При цьому з'являється можливість не лише зменшити втрати земельних ресурсів, але й у ряді випадків у разі накладення різних режимів позитивно впливати на екологічні умови. Проте необхідно враховувати, що санітарні норми пред'являють жорсткі вимоги щодо якості води, включаючи допустиме перегрівання, в процесі використання водосховищ для господарського питного водопостачання, рибного господарства, рекреації.

В енергокомплексах за умовами охолодження циркуляційної води ТЕС і АЕС можна виділити три основні схеми:

1) прямоточна – з використанням руслових водосховищ комплексного призначення;

2) напівпрямоточна – з використанням гідравлічно пов'язаної системи водосховищ як наливних, так і руслових комплексного призначення;

3) оборотна – з використанням спеціальних наливних водосховищ, розташованих поза основним потоком.

Усі три схеми дозволяють скоротити втрати ЛЕП, забезпечити єдину систему управління енергокомплексом, використати ГЕС і ГАЕС в якості додаткового джерела власних потреб АЕС в аварійних ситуаціях.

За схемами 1 і 2 в водосховищах комплексного призначення допускається тільки слабе перегрівання, що регламентується санітарними нормами (у межах в основному 1,5 – 3°C в літній період), проте за рахунок поліпшення умов охолодження циркуляційної води ГЕС і АЕС збільшуються їх потужність і вироблення. Для оцінки складного гідротермічного режиму водосховищ потрібне виконання модельних досліджень з урахуванням добової і сезонної нестационарностей.

Феноменом режиму роботи ГАЕС, в тому числі в складі енергокомплексів, являється поліпшення якості води в водосховищах, що пов'язано із створенням швидкісного режиму, перемішуванням поверхневих шарів з глибинними, додатковим насиченням киснем і посиленням процесів самоочищення. Завдяки режиму ГАЕС у разі роботи енергокомплекса за схемами 1 або 2 мінімізуються негативні наслідки, викликані перегріванням води в нормованих межах.

У зимовий період додатковий нагрів води водосховищ у процесі охолодження циркуляційної води, що виключає льодоутворення, може позитивно впливати на екологічні умови, покращуючи кисневий режим водосховищ.

Представляє інтерес досвід експлуатації енергокомплексу Кеові-Токсавей (США), що включає АЕС потужністю 2,66 млн кВт, ГАЕС потужністю 0,61 млн кВт і ГЕС потужністю 0,14 млн кВт з розширенням шляхом будівництва ГАЕС-П потужністю 1 млн кВт. Натурні спостереження показали, що температура води, яка проходить через ГЕС, знаходиться в межах, що регламентуються, не перевищуючи більше, ніж на 1,7°C середньомісячні температури води в природних умовах. Також витримуються обмеження на температуру води, що скидається на водовипуску АЕС.

Система моніторингу забезпечує постійний всебічний контроль за довкіллям, дотриманням екологічних нормативів.

У ряді країн нормативами не дозволяється або обмежується застосування прямих схем.

### **Контрольні питання**

- 1 Дніпровський каскад (Україна).
- 2 Волзько-Камський каскад (Росія).
- 3 Каскад на річці Теннесі (США).

## **Тема 5 ВПЛИВ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА НАВКОЛИШНЬЄ СЕРЕДОВИЩЕ**

### **5.1 Позитивні чинники.**

### **5.2 Негативні й неоднозначні чинники.**

### **5.3 Вплив альтернативних джерел (ТЕС) на довкілля.**

#### **5.1 Позитивні чинники**

Гідроенергетичні об'єкти з водосховищами комплексного призначення чинять неоднозначну дію на довкілля.

Широке їх будівництво в світі викликане об'єктивною необхідністю соціально-економічного розвитку суспільства й потребою в збільшенні виробництва електроенергії і використання водних ресурсів.

Основні позитивні чинники впливу гідроенергетичних об'єктів на довкілля включають:

- виробництво електроенергії за рахунок використання весь час поновлюваних природою гідроенергетичних ресурсів, що є унікальною особливістю ГЕС і відноситься до найважливіших природоохоронних і ресурсозберігаючих технологій. ГЕС і ГАЕС, замінюючи альтернативні ТЕС, які спалюють органічне паливо, запобігають викидам у довкілля величезної кількості забруднюючих речовин, зберігають життя і здоров'я людей. Так, для отримання 2650 млрд кВт-год електроенергії, що виробляється всіма ГЕС у світі, потрібно було б щорічно спалювати на ТЕС більше 1 млрд тонн умовного палива, що привело б до тяжких негативних наслідків для довкілля, підвищення рівня захворюваності, погіршення здоров'я і передчасної смерті тисяч людей;

- забезпечення надійного електропостачання населення, комунального господарства тощо, завдяки високій маневреності ГЕС, ГАЕС і великому діапазону регулювання;

- найбільш ефективне комплексне використання водних ресурсів для соціально-економічного розвитку суспільства, поліпшення умов життя населення, охорони довкілля зі зменшенням втрати земель, забезпечення потреби населення у воді, збільшення виробництва продовольства, зниження негативних наслідків посух на довкілля завдяки використанню водних ресурсів для комунально-побутового й сільськогосподарського водопостачання, зрошування й обводнення земель;

- захист населення, територій і довкілля від повеней, що є одним з найважливіших економічних, соціальних і природоохоронних завдань;

- створення рекреаційного потенціалу;

- гарантоване санітарно-екологічне попускання у нижній б'єф в межовий період маловодих років для недопущення погіршення санітарно-епідеміологічних і екологічних умов;

– активізацію процесів самоочищення за рахунок розбавлення, збільшення контактних зон, біологічної різноманітності тощо.

У цілому гідроенергетичні об'єкти з водосховищами комплексного призначення позитивно впливають на умови життя людей і на довкілля. Проте гідроенергетичні об'єкти можуть чинити й істотний негативний вплив на довкілля.

## 5.2 Негативні й неоднозначні чинники

**Загальний стан.** Створення гідроенергетичних об'єктів з водосховищами є серйозним втручанням у функціонування природних екосистем і може привести до негативних наслідків для довкілля і зміни умов життя людей, викликаних:

– затопленням водосховищем великих площ земель, їх підтопленням, переробленням берегів водосховища і переформовуванням русла в нижньому б'єфі;

– переселенням населення;

– зміною гідрологічного й гідравлічного режиму в зоні водосховища і в нижньому б'єфі, умов здійснення процесів природного самоочищення і відповідно формування якості води;

– зміною режиму потоку в зоні мешкання водних і наземних екосистем, перекриттям шляхів міграції риб;

– впливом на рослинний і тваринний світ;

– замулюванням водосховищ;

– впливом на мікроклімат;

– посиленням сейсмічної активності в певних природних умовах;

– впливом на ландшафти;

– зміною санітарно-гігієнічних умов у разі інтенсивного розвитку водоростей («цвітіння води»);

– можливістю втрати археологічних та історичних пам'яток.

Слід відзначити надзвичайно складний і різноманітний характер їх прямих і непрямих дій на довкілля з урахуванням особливостей природних умов кожного гідроенергетичного об'єкта, що визначає необхідність комплексної оцінки таких дій і умов, розробки специфічних рішень і заходів, що враховують дані особливості.

Деякі прояви взаємодії водосховищ з довкіллям можуть бути негативними або позитивними залежно від конкретних природних умов, від прийнятих рішень щодо природоохоронних і соціальних заходів, режимів експлуатації, їх виконання в часі в період будівництва й експлуатації та від зовнішніх чинників, до яких відносяться:

– зміна гідрологічного й гідравлічного режимів у зоні водосховища й у нижньому б'єфі, умов здійснення процесів природного самоочищення і

відповідно формування якості води;

- вплив на мікроклімат;
- вплив на ландшафти;
- вплив на тваринний світ;
- зміна якості води й санітарно-гігієнічних умов;
- вплив на сільське господарство;
- зміна інфраструктури, умов життя населення.

**Затоплення земель.** Затоплення великих площ земель є найважчим із негативних наслідків створення водосховищ.

До площі відведених земель для будівництва гідроенергетичних об'єктів входять площа постійного затоплення водосховищем за НПР, площа під споруди ГЕС (греблі, будівлі ГЕС, електропідстанції, шлюзи тощо), зона переформовування берегів за 10-річний період (з урахуванням споруджень інженерного захисту), зазвичай зона сильного підтоплення, площі під дороги, селища, ЛЕП тощо.

Загальна площа водосховищ США складає близько 77 000 км<sup>2</sup> (0,82 % від території), Канади – 55 000 км<sup>2</sup> (0,55 % від території), Бразилії – 32 000 км<sup>2</sup> (0,38 % від території).

Землі, затоплювані водосховищами ГЕС, в основному знаходяться в річкових долинах, часто це – найбільш родючі землі, використовувані в сільському господарстві. Так, із загальної площі затоплених водосховищами земель доля сільськогосподарських угідь складає: в Україні – 40 %, в Росії – 36%, в Узбекистані, в Азербайджані, в Казахстані – 60–66 %.

Слід зазначити, що в останні десятиліття спостерігається тенденція щодо переміщення будівництва ГЕС в передгірські й гірські райони, глибший комплексний підхід до обґрунтування створів і параметрів водосховищ сприяли збільшенню їх середньої глибини й поліпшенню питомого показника затоплення земель на мільон кВт-год вироблення електроенергії ГЕС.

Питомі показники змінюються в широких межах навіть для рівнинних водосховищ, різко зменшуючись в умовах досить глибоких водосховищ, розташованих в каньйоноподібних відносно вузьких ділянках річок, наприклад, для Дніпровського водосховища (Україна) він складає 9,9 га/млн кВт-год, Плявинського і Ризького (Латвія) – відповідно до 1,6 і 6,4 га/млн кВт-год, Рампарт Каньйон (США) – 8,5 га/млн кВт-год, Ла Гранде 4 (Канада) – 5,5 га/млн кВт-год, Ітайпу (Бразилія – Парагвай) – 2,0 га/млн кВт-год.

Найменші питомі показники досягаються для водосховищ в гірських умовах, наприклад, для Систерон (Франція) – 0,2 га/млн кВт-год, Чиф-Джозеф (США) – 0,3 га/млн кВт-год.

Необхідно відмітити, що в умовах комплексного використання в першу чергу рівнинних водосховищ такі показники мають значною мірою суб'єктивний характер, особливо в тих випадках, коли головними напрямками використання водосховищ є водопостачання, захист від паводків тощо.

Наприклад, в Дніпровському каскаді ГЕС найбільш місткими є

Кременчуцьке й Каховське водосховища, будучи основними регуляторами стоку річки Дніпро, мають велику корисну місткість відповідно до 9 і 6,8 км<sup>3</sup>, забезпечуючи водопостачання і зрошення центральних, східних і південних регіонів України, також за рахунок регулювання стоку Кременчуцьким водосховищем збільшується середньобагаторічне вироблення на розташованих нижче ГЕС каскаду на 700 млн кВт-год.

Для водосховищ комплексного призначення, що регулюють стік, слід розглядати такий питомий показник, як площа затоплення в гектарах, що припадає на 1 млн м<sup>3</sup> корисної місткості. Такий показник складає: для Кременчуцького водосховища – 25 га/млн м<sup>3</sup>, Каховського – 31,6 га/млн м<sup>3</sup> і це краще, ніж у ДніпроГЕС – 49,3 га/млн м<sup>3</sup>, але гірше, ніж у Дністровського – 15 га/млн м<sup>3</sup>.

У водосховищах, що будувалися в 40 – 70-х роках ХХ століття у багатьох випадках не виконувалися необхідні заходи щодо зменшення затоплення земель (інженерний захист мілководь тощо). Так, площі мілководь (глибиною до 2 м за НІР) складають: в Україні – на Дніпродзержинському водосховищі – 26%, Кременчуцькому – 18%, у Росії – на Іванківському водосховищі – 47%, Углицькому – 36%, Горьківському – 23 %, хоча за умовами раціонального використання водосховищ площі мілководдя повинні складати до 15 – 20 %. Якщо на Канівському водосховищі шляхом облаштування захисних гребель протяжністю 65 км захищено 39 000 га земель (58 % від площі дзеркала водосховища), на Кременчуцькому – 61 000 га (27 %), то на Каховському – 27 000 га (12 %). В цілому по водосховищах Дніпровського каскаду захищено 231 000 га земель (35,2 %), у тому числі сільськогосподарських – 169 000 га.

На Боткінському водосховищі (Росія) завдяки облаштуванню захисних гребель протяжністю 540 км площа мілководь складає лише 14 % від площі дзеркала.

Відчуження земель під водосховища ГАЕС значно менше завдяки використанню великих натисків, великому добовому спрацюванню водосховищ, частому використанню існуючих водосховищ у якості нижніх водосховищ ГАЕС. Так, Дністровська ГАЕС (Україна), потужністю 2,27 млн кВт і виробленням 2,72 млрд кВт-год, що будується, площа верхнього водосховища складає 2,5 км<sup>2</sup>, а в якості нижнього використовується вже існуюче водосховище Дністровської буферної ГЕС-2 площею 10,5 км<sup>2</sup>. На даній ГАЕС питомий показник затоплення земель верхнім водосховищем складає 0,12 га/МВт або 0,1 га/млн кВт-год, на експлуатованій Київській ГАЕС потужністю 225 МВт і виробленням 112 млн кВт-год – 0,3 га/МВт або 0,6 га/млн кВт-год, на ГАЕС Goldinsthal (Німеччина) – 0,16 га/МВт.

На всіх етапах проектування під час вибору схеми каскаду ГЕС, обґрунтування основних параметрів водосховищ і ГЕС (НІР, РМО, встановленої потужності і вироблення ГЕС тощо), захисних споруджень одним із найважливіших завдань являється зменшення площі відчужуваних земель і в першу чергу площі затоплення водосховищем.

Під час експлуатації водосховищ з урахуванням підпору в період



пропускання паводків в зоні виклинювання водосховища може мати місце тимчасове затоплення, яке розраховується для сільськогосподарських угідь при паводку забезпеченістю 5 %.

**Підтоплення земель.** Підтоплення земель, прилеглих до водосховища, викликається підйманням рівня ґрунтових вод під час заповнення водосховища до НПР. Слід зазначити, що підтоплення має місце і в природних умовах під час підвищення рівня річок в періоди проходження паводків.

Основний збиток від підтоплення пов'язаний з можливістю заболочування територій, зміненням властивостей ґрунтів, рослинного й тваринного світу.

Залежно від висоти підтоплення (залягання рівня ґрунтових вод від поверхні землі), трансформації ґрунтів і рослинності виділяють підзони сильного, помірного й слабого підтоплення, вплив яких на прибережні екосистеми, ґрунтові умови, лісові й сільськогосподарські угіддя є неоднозначним і залежить від природних особливостей району. Залягання рівня ґрунтових вод від поверхні землі орієнтовно може складати в підзоні сильного підтоплення 0–1,2 м, помірного – до 2 м, слабого – до 2,5 – 3,0 м.

Для зниження збитку, який завдається в зоні сильного підтоплення, у ряді випадків потрібне облаштування дренажів тощо для скорочення даної зони.

Особливо схильні до заболочування ділянки сильного підтоплення узбережжя водосховищ, розташованих у лісовій і лісостеповій зонах. У степовій, напівпустинній і пустинній зонах підймання рівня ґрунтових вод за різкого дефіциту атмосферної вологи може викликати процес засолення ґрунтів.

У лісовій і лісостеповій зонах в межах підзони сильного підтоплення, де можуть істотно змінюватися ґрунтові умови, земля в багатьох випадках використовується під луки. Для сільськогосподарських угідь гранично допустимим вважається однометрове підтоплення. Помірне й слабе підтоплення можуть дати позитивний ефект. Так, у разі помірного підтоплення збільшується приріст лісів, лугових, злакових рослин на 10 – 74 %, а в разі слабого підтоплення – на 5–20 %.

У регіонах недостатнього зволоження підтоплення земель в цілому може чинити позитивний вплив на довкілля.

У разі підтоплення земля, як правило (окрім зони сильного підтоплення), не підлягає відчуженню, а отже, її продовжують використовувати. Загальна площа підтоплення земель водосховищами залежно від природних умов може складати 3–15 % від площі затоплення, наприклад, на Кременчуцькому водосховищі – 12 % від площі затоплення, на Ризькому (Латвія) – 7 %, на водосховищах Волзько-Камського каскаду (Росія) – 11 %.

**Переформовування берегів.** При утворенні водосховищ у результаті зміни рівнів, фільтраційного режиму, хвилевих дій тощо проходить процес переформовування берегів, який особливо інтенсивно протікає в перші роки

після заповнення водосховища.

Величина переробки істотно залежить від геологічної будови берегової зони: є мінімальною в умовах скельних ґрунтів, значно зростає в умовах м'яких ґрунтів і може досягати 1–2 % від площі затоплення. Для зменшення переробки берегів і втрат землі, для благоустрою берегової зони по контуру водосховища на несприятливих ділянках запроваджуються кріплення та інші інженерні заходи.

У певних природних умовах, у першу чергу несприятливих інженерно-геологічних умовах, створення водосховища може привести до обвалення берегових масивів, що може представляти загрозу безпеці гідровузла і приводити до аварійної ситуації. Для недопущення обвалень повинні виконуватися відповідні інженерні заходи.

**Переформовування русла й берегів в нижньому б'єфі.** Під час створення гідровузлів і водосховищ в умовах нового гідрологічного режиму відбувається переформовування русла й берегів у нижньому б'єфі. Такі процеси особливо інтенсивні в перші роки експлуатації. Розмиви й процеси переформовування русла й берегів істотно залежать від геологічної будови.

Основні розмиви русла й берегів у нижньому б'єфі відбуваються в процесі скидання через гідровузол паводкових витрат з великими швидкостями, що мають величезну енергію. Безпосередньо за межами кріплення гідровузлів довжина воронки розмиву може досягати десятків метрів. При цьому продукти розмиву відкладаються в руслі нижче за течією.

Нерівномірний режим роботи ГЕС в добовому й тижневому розрізах з різкими змінами витрат і рівнів у нижньому б'єфі також викликає переформовування русла, особливо в умовах ґрунтів, що легко розмиваються. Ці процеси посилюються тим, що значна частина наносів осідає в водосховищі, і вода, що скидається в нижній б'єф, містить значно менше наносів, ніж у природних умовах. Такі процеси можуть негативно впливати на роботу водного транспорту та на рибне господарство.

В умовах, коли русло й береги в нижньому б'єфі складаються із скельних порід, різко зменшується можливість їх деформації. Для зменшення розмивів та недопущення переробки берегів запроваджуються інженерні заходи.

**Зміна режимів попускань в нижній б'єф.** ГЕС з водосховищами сезонного й багаторічного регулювання істотно змінюють режим попускань в нижній б'єф у період паводків, зменшуючи величини витрат, що скидаються в нижній б'єф, порівняно з природним стоком, що в умовах середніх і особливо маловодних років приводить до скорочення площі й тривалості паводкових затоплень, чинить вплив на водний режим і добрива мулом заплачних сільськогосподарських земель та на умови нересту. Крім того, в умовах багатоводних років у період проходження паводків забезпечується різке зменшення розмірів затоплень і збитку довкіллю, а в умовах маловодних років у межовий період – гарантоване санітарно-екологічне попускання.

Наслідки змінення режимів попускань в нижній б'єф у період проходження паводків істотно залежать від особливостей природних умов.

У зонах надмірного зволоження в разі скорочення площі й тривалості затоплення під час проходження весняних паводків покращуються умови й підвищується продуктивність заплавлених лугов.

У регіонах, для яких характерні також літні паводки, змінення режимів проходження паводків зі зменшенням величини витрат може позитивно впливати на сільськогосподарське використання земель, захищаючи заплавні землі від затоплення в період вегетації рослин, коли затоплення може привести до їх загибелі. Літні паводки спостерігаються на річках в Закарпатті.

У зонах недостатнього зволоження скорочення площі й тривалості затоплення під час проходження повені може чинити несприятливий вплив, призводячи до осуходолування, а в певних умовах і до деградації заплавлених лугов, зменшення відкладення родючого мулу, зниження врожайності, змінення умов гирлових ділянок.

Змінення режимів повені погіршує умови нересту риби через скорочення площі нерестовищ, приводить до загибелі ікри, особливо в маловодні роки.

Наслідки добового й тижневого регулювання стоку водосховищами ГЕС, такого, що призводить до значних коливань витрат і рівнів у нижньому б'єфі, є неоднозначними, залежать від ряду чинників (включаючи природно-кліматичні умови, режими роботи ГЕС тощо) і можуть бути несприятливими для рибного господарства.

Під час обґрунтування режимів і при експлуатації водосховищ комплексного призначення слід передбачати такий режим попускань в нижній б'єф, щоб мінімізувати можливі негативні наслідки.

**Вплив на сільське господарство.** Вплив створених водосховищ комплексного призначення на сільське господарство в прилеглому регіоні є неоднозначним, так як залежить від природних умов, площі вилучених з виробництва сільськогосподарських земель і відповідно від втрат сільськогосподарської продукції, зміни водного режиму заплавлених сільськогосподарських земель в нижньому б'єфі й отримуваної на них продукції, захисту земель від повеней, зрошування земель водою з водосховища й підвищення за рахунок цього рівня отримання сільськогосподарської продукції. Слід також враховувати, що в останні десятиліття під час підготовки ложа водосховищ комплексного призначення вважається обов'язковим зняття верхнього родючого шару ґрунту й використання його для землювання малопродуктивних земель з метою подальшого використання їх для виробництва сільськогосподарської продукції.

Так, під час підготовки ложа Олександрівського водосховища на річці Південний Буг – нижнього водосховища Ташликської ГАЕС (Україна), що будується, був знятий чорноземний шар на площі 350 га (за загальної площі дзеркала 1300 га), за рахунок чого було проведено землювання земель на площі 1400 га.

Залежно від природних умов і сукупності наведених вище чинників створення водосховищ може привести як до зниження виробництва сільськогосподарської продукції, так і до його підвищення.

Слід зазначити, що в маловодних посушливих регіонах водосховища дозволяють значно підвищити виробництво сільгосппродукції.

**Змінення якості води.** Під час створення водосховищ комплексного призначення залежно від природних умов, зміни гідрологічного режиму при регулюванні стоку, їх морфологічних і морфометричних особливостей, положення водосховища в каскаді, міри господарського освоєння прилеглих територій, заходів щодо підготовки ложа водосховища, наявності джерел забруднення і їх впливу, якості початкової річкової води, функціонування водних екосистем та інших чинників формується якість води в водосховищі. Якість води є найважливішим показником, що визначає можливість ефективного використання водних та біологічних ресурсів водосховища й зони нижнього б'єфу і чинить вплив на довкілля.

Закономірності формування якості води, що залежать від багатьох взаємопов'язаних чинників, є вкрай складними. Забезпечення необхідної якості води в водосховищах може бути досягнуте на основі всебічного оцінювання як загальних закономірностей, так і специфічних умов його формування та запровадження необхідних природоохоронних заходів.

У більшості випадків створення водосховищ гідроенергетичних об'єктів під час запровадження необхідних природоохоронних і захисних заходів не призводить до погіршення якості води порівняно з природними умовами річки, а за певних умов дозволяє поліпшити її якість.

Найважливішим зовнішнім чинником, що призводить до погіршення якості води, є скидання у водосховища стічних вод і забруднюючих речовин.

За утилітарного відношення до річок і водосховищ як до необмежених приймальників стічних вод настає межа, коли їх екосистеми під впливом забруднюючих речовин руйнуються. В результаті такого відношення погіршала екологічна ситуація на багатьох річках, озерах і водосховищах.

Погіршення якості води водосховищ пов'язане зі збільшенням вмісту азоту й фосфору в результаті скидання стічних вод, дефіцитом кисню, розвитком синьо-зелених водоростей.

На багатьох водосховищах Дніпровського каскаду (Україна), Волзько-Камського, Єнісейського (Росія) та інших в літній період спостерігається гіперпродукування фітопланктону, в першу чергу синьо-зелених водоростей, іменоване "цвітінням" води. Інтенсифікація процесу "цвітіння" обумовлюється як кліматичними умовами й метеочинниками, так і антропогенною дією, яка призводить до збільшення у воді вмісту біогенних елементів і гіперпродукування, а специфічні особливості водосховищ (зменшення проточності) в певних умовах сприяють розвитку такого процесу. Але першопричиною гіперпродукування є надходження до водосховища неочищених від біогенних елементів стічних вод, добрив з

сілськогосподарських угідь та інших забруднюючих (але не токсичних) речовин.

Даному процесу можуть також сприяти інтенсивно заростаючі мілководдя на водосховищах, оскільки в процесі розкладання вищої водної рослинності – макролітів (водні рослини великих розмірів – макроорганізми), прикріплених або плаваючих, у воду потрапляє велика кількість органічних і мінеральних речовин, проте в зарослях вищих водних рослин "цвітіння" води за рахунок вітрових наганянь не виключене.

Вплив водної рослинності неоднозначний, вона може сприяти самоочищенню або, навпаки, заболочуванню водосховища. Позитивний вплив її на якість води полягає у виконанні функцій природного біофільтра, що перехоплює стоки з площі водозбору. Площа заростання, густина заростей і їх видовий склад, за яких макрофіти можуть перетворитися на негативний чинник, залежать від конкретних умов. Нормами регламентується обмеження площі мілководь (глибиною до 2 м) до 15 – 20 % від площі водосховищ.

У процесі аналізу в кожному конкретному випадку важливо виявити в першу чергу причини сильного забруднення води й евтрофування водосховища, проте на практиці часто даються суб'єктивні оцінювання, що базуються на наслідках.

*Антропогенне евтрофування* – евтрофний стан водойми, викликаний скиданням біогенних речовин, головним чином азоту й фосфору, із стічними водами і поверхневим стоком.

Практика тривалої експлуатації багатьох водосховищ навіть в умовах скидання стічних вод показала їх високу життєздатність.

Скорочення скидання неочищених стічних вод дозволило поліпшити стан ряду раніше сильно евтрофних водосховищ і якість води в них, забезпечивши її відповідність нормативним вимогам, які дозволяють використати воду для питного водопостачання, рибництва, рекреації.

Відмітною особливістю водосховищ ГАЕС є поліпшення якості води, пов'язане з режимом її роботи, створенням швидкісного режиму, перемішуванням поверхневих шарів з глибинними, додатковим насиченням води киснем, що в цілому викликає посилення процесів самоочищення.

**Зміна рослинного й тваринного світу.** Утворення водосховищ, викликаючи зміни природних умов, істотно впливає на рослинний і тваринний світ в їх зоні і на прилеглих територіях і може привести до скорочення біологічної різноманітності.

У межах затоплених водосховищем територій гине рослинність, що існувала раніше, а на прилеглих територіях в зоні підтоплення трансформується ґрунтовий покрив і змінюються умови росту рослин. Це може привести до втрати рідкісних і зникаючих видів рослин за наявності їх на затоплюваній території або в зоні підтоплення.

Негативна дія утворення водосховищ на тваринний світ пов'язана з загибеллю тварин, зміною умов їх мешкання, порушенням традиційних шляхів

міграції, починаючи з періоду будівництва, підготовки ложа водосховища, первинного заповнення водосховища й подальшої експлуатації зі змінним рівневим режимом.

Значний збиток наноситься популяціям тварин особливо в період заповнення водосховищ, багато хто з них погано пристосовується після його заповнення до нових умов мешкання в прибережній зоні, що призводить до зменшення чисельності їх популяцій.

Для поліпшення умов мешкання, мінімізації негативного впливу на рослинний і тваринний світ застосовується комплекс природоохоронних і компенсаційних заходів, включаючи створення нових заповідних об'єктів, інженерний захист найбільш цінних природних комплексів, переселення раритетних видів тощо.

У певних природних умовах, особливо в посушливих регіонах, зонах напівпустель і пустель після створення водосховищ значно покращуються умови мешкання, що сприяє збагаченню тваринного світу, особливо ссавців і птахів.

Гідровузли в пониззях річок перегороджують шлях до нерестовищ, створюють несприятливі умови для прохідних і напівпрохідних риб. Для зниження несприятливих дій до складу таких гідровузлів включають рибоходи, будуються риборозплідні господарства тощо.

**Замулювання водосховищ.** Замулювання водосховищ викликається відкладенням у них наносів, що надходять з річковою водою та переробленням берегів. Процес замулювання залежить від гідрологічних умов, параметрів водосховища, режимів експлуатації, фізико-механічних і геохімічних властивостей наносів.

У ряді країн нормуються терміни замулювання мертвого об'єму водосховищ в межах 100 – 200 років.

За великої кількості наносів в деяких випадках передбачають спеціальні донні отвори в греблях для промивання наносів та інші заходи.

**Зміна мікроклімату.** Водосховища викликають зміну мікроклімату в їх зоні і на прибережній території суші. Вплив великих рівнинних водосховищ на мікроклімат суші позначається на території, сумірній з їх водною поверхнею, а в гірських умовах він значно менший. В різних природних умовах цей вплив є неоднозначним.

У регіонах з недостатнім і помірним зволоженням водосховища, викликаючи підвищення вологості, позитивно впливають на мікроклімат, створюючи сприятливіші умови для проживання людей, наприклад у зоні впливу Асуанського водосховища (Єгипет).

У зимовий період в регіонах з помірним і суворим кліматом в нижньому б'єфі водосховищ великих ГЕС, наприклад Красноярської, Зейської (Росія) в результаті утворення незамерзаючої ділянки виникають тумани, які поширюються по довжині нижнього б'єфу і в пригреблевій зоні, негативно

впливаючи на здоров'я людей.

**Вплив на сейсмічну активність.** У певних природних умовах створення водосховищ, режими їх роботи з періодичним спрацюванням і заповненням можуть викликати посилення сейсмічної активності, яке спостерігалось в районах ряду великих водосховищ. Землетруси, викликані утворенням водосховищ, сталися в районах гребель Гувер (США), Кремаста (Греція), Койна (Індія) та ін.

Нині вважається, що великі водосховища за відповідної геологічної будови, не змінюючи силу землетрусу, можуть збільшувати їх частоту, як би дроблячи великі поштовхи на декілька дрібних. За сприятливих геологічних умов великі водосховища в сейсмічних районах не чинять впливу на сейсмічну активність.

**Вплив на ландшафти, археологічні й історичні пам'ятники.** Створення гідроенергетичних об'єктів з водосховищами, істотно впливаючи на існуючий ландшафт, може привести до позитивних або негативних наслідків.

За ефективних архітектурних рішень гідровузла, виконання необхідних заходів щодо благоустрою, озеленення тощо в межах берегової зони гідроенергетичні об'єкти з водосховищами, що утворюють великі водні простори, можуть гармонійно вписуватися в природний ландшафт. Як показує практика, з часом вони сприймаються як невід'ємна частина цього ландшафту. За гармонійного об'єднання гідровузла з довкіллям утворюється архітектурний ансамбль, що поєднує функціональне призначення з вимогами щодо охорони довкілля, включаючи естетичне сприйняття.

Ряд гідровузлів за інженерним задумом і красою втілення стали видатними досягненнями цивілізації ХХ століття, отримали статус архітектурних пам'яток, наприклад, Асуанський (Єгипет), Гувер (США), ДніпроГЕС (Україна), Ітайпу (Бразилія–Парагвай), Красноярська ГЕС (Росія) і т.д.

Для недопущення негативних наслідків, збереження археологічних, історичних пам'яток в зоні водосховища мають бути виконані в повному об'ємі розкопки, необхідні дослідження, інженерний захист, а в разі неможливості – винесення й облаштування на новому місці виявлених пам'яток, після чого можливе заповнення водосховища.

**Зміна умов життя населення.** Під час будівництва й експлуатації гідроенергетичних об'єктів затоплення й підтоплення земель водосховищами, переробка берегів, зміна умов у нижньому б'єфі приводять до порушення інфраструктури району, умов проживання й трудової діяльності населення, що історично склалися, що на багатьох гідроенергетичних об'єктах стало одним з найбільш тяжких негативних чинників. Соціальні наслідки мають широкий спектр, впливаючи на умови життя, засоби існування й здоров'я переселених жителів і населення в зоні впливу водосховищ, включаючи нижню ділянку

річки.

Затоплення великими рівнинними водосховищами щільно населених долин у багатьох випадках призводить до необхідності переселення великої кількості жителів на нові землі, їх освоєння, створення там необхідної інфраструктури. Кількість переселеного населення під час створення великих водосховищ досягає десятків і сотень тисяч осіб.

Більше сотні тисяч осіб було переселено в період побудови ГЕС з найбільшими водосховищами комплексного призначення: Санминься (Китай), Насер (Єгипет), Рибінської і Куйбишевської (Росія), Кременчуцької (Україна); від 50 000 до 100 000 осіб – Вольта (Гана), Кариба (Зимбабве), Мангла (Пакистан), Братської і Красноярської (Росія), Собрадиньо (Бразилія); від 25 000 до 50 000 осіб – Гобиндсхар-Бхакра (Індія), Кабора-Басса (Мозамбик), Джердан (Югославія–Румунія), Горьківської, Новосибірської, Чебоксарської, Цимлянської (Росія), Каховської, Канівської, Київської (Україна), Бухтарминської (Казахстан) тощо; від 10 000 до 25 000 осіб – Кебан (Туреччина), Токтогульської (Киргизстан), Іваньківської, Саратовської, Усть-Ільїнської (Росія) тощо. На ГЕС "Три ущелини" (Китай), що будується, із зони водосховища необхідно переселити 1,1 мільона осіб.

За попередніми оцінками, в процесі створення водосховищ у світі було переселено зі своїх місць проживання від 40 до 80 млн осіб.

У зонах затоплення водосховищ щільність населення істотно відрізняється: від 500 – 1000 осіб на 1 км<sup>2</sup> – в густо населених в основному, рівнинних районах Китаю, Індії, Пакистану, країн Європи тощо; до 10 осіб – у слабо освоєних в основному в гірських і пустинних районах, тому в більшості країн за наявності відповідних природних умов ГЕС з великими регулюючими водосховищами створюють в гірській місцевості. Більшість великих гідроенергетичних об'єктів більшої частини Європи (Австрії, Болгарії, Італії, Франції, Великобританії, Іспанії, Німеччини, Норвегії, Румунії, Швеції, Швейцарії, Туреччини та інших) побудована в гірських і предгірних районах.

Вимушене переселення населення – складна соціальна проблема, рішення якої в країнах з різним політичним устроєм і соціально-економічними умовами відрізняється.

Програми переселення в багатьох випадках не забезпечували відновлення колишнього рівня життя, економічних і соціальних умов. Особливо страждало від переселення тубільне населення, а також уразливі етнічні меншини.

В останнє десятиліття загальною вимогою в законодавстві практично всіх країн є необхідність компенсації збитку, виходячи з інтересів населення і мінімізації негативних наслідків.

Для забезпечення сприятливих умов життя і трудової діяльності населення, що переселяється, останнім часом у більшості випадків (у першу чергу в слаборозвинених країнах та країнах, що розвиваються) проводиться заплановане, організоване переселення, особливо з сільської місцевості в новостворювані населені пункти (або розширювані і перевлаштовувані наявні) з благоустроєм і всією необхідною інфраструктурою (дороги,



електропостачання, інженерні комунікації, школи, лікарні тощо), освоєнням земель для організації сільськогосподарського виробництва (ферм тощо). В основному в процесі переселення населення із зон затоплення в сучасні населені пункти з розвинутою соціальною інфраструктурою покращуються умови життя населення.

В інших випадках (особливо в розвинених країнах) жителям виплачується грошова компенсація за сільськогосподарські угіддя і житло з відшкодуванням у повному обсязі збитку, що дозволяє їм придбати за власним бажанням землю і житло.

Слід зазначити, що останнім часом під час переселення населення у результаті створення гідроенергетичних об'єктів рівень компенсації збитку й організація переселення із забезпеченням необхідних соціальних умов значно підвищилися. При цьому витрати на компенсацію збитку населенню, що переселяється, і за відчужувану землю значно зросли і в ряді випадків відповідають вартості будівництва ГЕС.

У той самий час багато водосховищ комплексного призначення, забезпечуючи захист від катастрофічних паводків і посух, дозволяють поліпшити умови життя і безпеку населення.

У певних умовах в процесі створення водосховищ може з'являтися небезпека поширення малярії, інфекційних захворювань, що передаються через воду, для відвертання яких потрібне виконання відповідних заходів.

### **5.3 Вплив альтернативних джерел (ТЕС) на навколишнє середовище**

**Загальна характеристика.** Альтернативними джерелами ГЕС і ГАЕС, що виконують аналогічні функції в енергосистемах, є ТЕС, ГТЕС (Газотурбінна електростанція – сучасна, високотехнологічна установка, що генерує електричну й теплову енергію. Основу газотурбінної електростанції складають один або декілька газотурбінних двигунів – силових агрегатів, механічно пов'язаних з електрогенератором і об'єднаних системою управління в єдиний енергетичний комплекс. Газотурбінна електростанція може мати електричну потужність від двадцяти кіловат до сотень мегават. Газотурбінна електростанція здатна віддавати споживачеві значну кількість теплової енергії з коефіцієнтом  $\approx 1:2$  по відношенню до електричної потужності) і ПГЕС (Парогенераторні установки електростанцій), що працюють на органічному паливі. При цьому потрібні глибокі опрацювання альтернативного варіанта з розміщенням об'єкта в умовах конкретного району, застосуванням найбільш передових технологій, захисних і природоохоронних заходів і комплексною оцінкою економічних, соціальних і екологічних наслідків, включаючи видобування палива, транспорт, поховання відходів для забезпечення порівняності варіантів. У результаті при порівнянні варіантів має бути дана інтегральна оцінка з урахуванням усіх видів дії на довкілля,

включаючи умови проживання населення.

Теплові електростанції, споживаючи природні непоновлювані викопні ресурси (вугілля, нафту, газ), які використовуються в якості палива, а також кисень повітря, виробляють електроенергію, трансформовану з потенційної енергії палива. При цьому витрачені матеріальні ресурси значною мірою перетворюються на відходи, що потрапляють в довкілля у вигляді твердих і газоподібних продуктів згорання. Такі відходи в 4 – 5 разів перевищують масу використаного палива.

Наприклад, на ТЕС потужністю 2400 МВт, що працює на донецькому вугіллі (із зольністю 23 %, сірчистістю 1,7 %) і спалює в процесі роботи 1100 тонн палива, в золовідвали потрапляють шлаки, уловлена на фільтрах зола в кількості 230 тонн за годину, а в атмосферу впродовж години викидається 10 млн м<sup>3</sup> димових газів, що містять 2350 тонн діоксиду вуглецю, 250 тонн пари води, 35 тонн оксиду сірки, 9 тонн оксиду азоту і 2 тонни леткої золи (не уловленою на електрофільтрах за 99-відсокового очищення). Дуже великою є витрата кисню повітря в процесі спалювання палива, що складає на такій ТЕС близько 800 000 тонн за годину.

Слід ще раз повторити, що теплові електростанції чинять значні негативні дії на довкілля, включаючи:

- викиди шкідливих речовин в атмосферу;
- відчуження земель;
- дію на водні об'єкти, в тому числі безповоротне водоспоживання і теплове забруднення;
- вплив на тваринний і рослинний світ;
- негативний вплив на умови проживання і здоров'я населення.

Існуючі нині методи не дозволяють досить повно визначити збиток довкіллю, заподіюваний викидами в атмосферу і водойми забруднюючих речовин.

Альтернативи комплексному використанню водосховищ з регулюванням стоку для захисту від паводків, водопостачання, зрошування, санітарно-екологічних попускань, окрім водосховищ, практично не існує. Підземні джерела в багатьох випадках вже вичерпані або мають досить обмежені запаси для забезпечення потреб водопостачання. Можна навести також приклади, коли за рахунок води з водосховищ здійснюється поповнення запасів підземних вод.

**Вплив викидів шкідливих речовин в атмосферу.** Для зменшення негативних дій від викидів шкідливих речовин в атмосферу в останні десятиліття на теплових електростанціях застосовується широкий спектр технічних і захисних заходів, включаючи вдосконалені системи фільтрів, золоочищення тощо, підвищення ККД і зниження питомих витрат палива, підвищення його якості, газифікацію твердого палива.

Основне забруднення атмосфери викликають викиди з димовими газами твердих і газоподібних забруднювачів, серед яких: зола, оксиди сірки, оксиди азоту, діоксиди вуглецю (вуглекислого газу) і водяні пари. За рівнем небезпеки

основні викиди теплових електростанцій відносяться до III класу.

Летка зола не лише забруднює атмосферу, але також може потрапляти в харчові ланцюги тварин і людей, наявність пилу в атмосфері негативно впливає на їх здоров'я.

Оскільки оксиди сірки, що утворюються в процесі їх з'єднання з водяними парами кислоти, а також оксиди азоту чинять шкідливу дію на здоров'я людей, на рослинний і тваринний світ, то перевищення їх концентрації вище за те, що регламентується санітарними нормами, не повинно допускатися. У димових газах присутня також обмежена кількість радіоактивних речовин у складі леткої золи.

Підвищення вмісту вуглекислого газу в атмосфері планети за багатьма оцінками може вплинути на клімат планети, викликаючи його потепління і відповідні негативні наслідки. Теплові електростанції, здійснюючи прямі викиди тепла в довкілля (що складають біля 65 % теплової енергії в процесі спалювання органічного палива при ККД циклу звичайних ТЕС на рівні 35 %, близько 45–50 % – при ККД циклу сучасних ГТЕС, ПГЕС на рівні 50–55 %), порушують природний тепловий баланс. Такі викиди тепла не можуть бути істотно зменшені в процесі подальшого вдосконалення технології. Істотним негативним чинником є значна витрата атмосферного кисню в процесі спалювання органічного палива.

**Дія на водні об'єкти.** Експлуатація теплоелектростанцій пов'язана з безповоротним споживанням води і скиданням стічних вод у водні об'єкти. Для роботи ТЕС потужністю 1 млн кВт в середньому необхідно 0,9 км<sup>3</sup> води на рік, з яких за найбільш поширеною оборотною системою технічного водопостачання (із спеціальним водоймою-охолоджувачем, випарними бризкальними градирнями або басейнами) 95 % може складати оборотна вода й 5 % – свіжа вода з річки або водосховища комплексного призначення. Свіжа вода потрібна для компенсації безповоротних втрат води і продування (освіження) системи охолодження для збереження необхідного сольового режиму. Під час продування продувальна вода скидається в річку або водосховище, а з забрудненими стічними водами в водні об'єкти потрапляють мінеральні солі, переважно сульфати і хлориди.

Безповоротні втрати води на ТЕС з оборотною системою технічного водопостачання складають приблизно 1,5 – 2 % від загального водоспоживання і за потужності 1 млн кВт можуть складати 12–16 млн м<sup>3</sup> води за рік. Тільки для забезпечення безповоротного водоспоживання такої ТЕС знадобиться водосховище площею 300 – 400 га і середньою глибиною 5 метрів, заповнюване в період паводку. У більшості випадків безповоротне водоспоживання теплових електростанцій забезпечується з водосховищ комплексного призначення.

Зниження безповоротних втрат може бути досягнуте завдяки використанню систем повітряного охолодження (повітряних градирень). Проте вони застосовуються вкрай рідко, оскільки вимагають великих додаткових капітальних вкладень і експлуатаційних витрат.

Необхідно відмітити, що в результаті процесів самоочищення атмосфери від забруднюючих речовин, що викидаються тепловими електростанціями, значна їх частина тим або іншим способом з атмосфери потрапляє в існуючі водосховища, збільшуючи в них концентрацію забруднюючих речовин.

На відміну від теплових електростанцій ГЕС і ГАЕС не забруднюють довкілля. Унікальною особливістю ГАЕС є поліпшення якості води в водосховищах завдяки інтенсифікації процесів самоочищення, насиченню води киснем, що пов'язано з посиленням водообміну, швидкісним режимом.

**Відчуження земель.** Відведення земель для теплоелектростанцій в першу чергу визначається системою технічного водопостачання. За оборотної системи технічного водопостачання з водоймою-охолоджувачем площа відведення за потужності вугільної ТЕС 2400 МВт орієнтовно складає 2 – 2,5 тис га, за системи технічного водопостачання з випарними градирнями – до 1 тис га, а питоме відведення землі – відповідно від 0,16 до 0,07 га на 1 млн кВт-год. Наведені величини питомого відведення землі порівняні з питомим відведенням землі для сучасних ГАЕС.

Для ТЕС, що використовує вугілля, потрібне додаткове відведення землі під золовідвали. Пил з поверхні золовідвалів разом з викидами ТЕС в атмосферу, що осідають на ґрунт, забруднюють ґрунт і рослинність в прилеглому до ТЕС районі, негативно впливаючи на довкілля.

Зони поширення газових та інших викидів ТЕС розповсюджуються на десятки й сотні кілометрів. Наприклад, забруднення снігу в кінці березня 1983 року в Росії, поблизу міста Благовещенська, склало – 5,3 тис км<sup>2</sup>, Іркутська – 34,7 тис км<sup>2</sup>. Із зон впливу теплових електростанцій населення не виселяють. Люди стають свого роду "заручниками", розплачуючись за виробництво електроенергії своїм здоров'ям.

Окрім відведення землі безпосередньо під спорудження ТЕС потрібне ще й відведення землі на період видобутку органічного палива (під шахти, вугільні розрізи тощо), а також на період його транспортування.

**Вплив на умови проживання населення.** Теплоелектростанції, викидаючи в довкілля значну кількість забруднюючих речовин, забруднюючи ними атмосферу, ґрунт, рослинність, воду, діють, кінець кінцем, прямо або побічно на людину, чинячи негативний вплив на умови її проживання. У районах, прилеглих до ТЕС, збільшується кількість захворювань і підвищується смертність серед населення.

За матеріалами досліджень, в густо населених районах Західної Європи додаткова смертність від впливу ТЕС, що працює на вугіллі (з урахуванням видобутку, обробки, транспортування вугілля) може бути оцінена на рівні 226 осіб на 1 млрд кВт-год електроенергії (у тому числі 73 особи від радіоактивного забруднення), що виробляється. За обережними оцінюваннями професора Каліфорнійського університету (США) Р.Гейла можна визначити додаткову смертність від ТЕС на території колишнього СРСР, яка складає 100 осіб на

один млрд кВт-год.

Для зменшення негативних наслідків законодавством посилюються вимоги санітарних норм щодо обмеження шкідливих викидів теплоелектростанціями в довкілля, що вимагає збільшення капітальних вкладень в захисні й природоохоронні заходи.

### **Контрольні питання**

- 1 Позитивні чинники.
- 2 Негативні й неоднозначні чинники.
- 3 Вплив альтернативних джерел (ТЕС) на довкілля.

## Тема 6 РІЧКОВИЙ СТІК І ВОДОСХОВИЩА

### 6.1 Основні характеристики річкового стоку.

### 6.2 Типи регулювання річкового стоку.

### 6.3 Водний баланс.

#### 6.1 Основні характеристики річкового стоку

У природних умовах річки характеризуються вкрай нерівномірним розподілом стоку в багаторічному, річному й сезонному розрізах.

Регулювання річкового стоку є необхідною умовою раціонального використання річок і здійснюється водосховищами шляхом перерозподілу в часі об'єму природного стоку відповідно до вимог водокористувачів.

У природних умовах річковий стік формується під впливом наступних пов'язаних між собою чинників :

– кліматичних умов, включаючи опади, температуру й вологість повітря тощо;

– ландшафту водозбірної площі (рельєфу, ґрунтів, інженерно-геологічних умов, рослинності);

– морфометричних і гідравлічних характеристик (розміри і конфігурація водозбірної площі та річкової мережі, ухили й будова русла тощо).

Головним чинником серед них є кліматичні умови.

У сучасних умовах істотний вплив на формування річкового стоку також може чинити господарська діяльність людини.

Виходячи із впливу кліматичних умов на характер живлення річок і внутрішньорічний розподіл стоку, можна виділити основні типи річок, що живляться :

– від танення снігу на рівнинах і на невисоких горах (до 1000 метрів). Річки північносхідного Сибіру та Північної Америки в зонах вічної мерзлоти із сніговим покривом, який тримається 8–10 місяців, і різко вираженими паводками;

– від танення снігу й льоду в горах (верхів'я річок гірських районів Середньої Азії та інші з регулярними літніми паводками);

– від танення снігу весною або на початку літа, а також від дощів у теплу пору року. Річки України, Європейської частини Росії і Західного Сибіру, Скандинавії, частково Німеччини, Північної частини США та інші з добре вираженою весняною повінню;

– від дощів у районах з тропічними дощами та дощами мусонів і вкрай нерівномірним розподілом опадів усередині року, з мокрим сезоном у літній період. Річки Південно-східної Азії та інші з паводками в літній період;

– переважно від зимових дощів за відносно рівномірного розподілу опадів упродовж року. Річки Західної і частково Центральної Європи та інші;

– щедрими зимовими дощами за значного зменшення опадів у літній період. Річки Південної Європи, Північного узбережжя Африки, Каліфорнії в США, Чилі та інші з паводками в зимовий період.

*Стоком річки* називають кількість води, що протікає по річці за певний відрізок часу: рік, сезон, місяць, тиждень, добу тощо. Витрата річки в м<sup>3</sup>/с характеризує інтенсивність стоку в той або інший момент часу. Залежність між ними характеризується співвідношенням

$$W = Qt, \quad (11)$$

де  $W$  – об'єм стоку за період часу  $t$ ,  $Q$  – середня витрата за такий самий період часу.

*Модуль стоку* характеризується витратою води, що стікає за одну секунду з одиниці площі річкового басейну і виражається зазвичай в літрах за секунду з 1 км<sup>2</sup> площі басейну.

Витрати й стік, що змінюються в часі і по довжині річки, збільшуються із зростанням водозбірної площі і зазвичай досягають максимуму в гирлі річки.

Найважливішою характеристикою водного режиму річки є графіки внутрішньорічного розподілу витрат річки за роки спостережень. Наприклад, постійні спостереження на річці Дніпро проводяться з 1881 року, річка Дніпро є типовою рівнинною річкою Європи з великими весняними паводками (повеннями) в результаті танення снігу і відносно невеликими витратами в подальший межовий період. Зазвичай на таких річках за 2 – 3 місяці повені проходить 60 – 70% річного стоку.

Основні параметри стоку, визначувані на основі даних багаторічного ряду спостережень, включають:

– середньобагаторічну витрату:

$$Q_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (12)$$

де  $n$  – кількість років спостережень.

– об'єм середньобагаторічного стоку:

$$W_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n}. \quad (13)$$

Змінюваність річного стоку в багаторічному розрізі характеризується

коефіцієнтом варіації  $C_V$ , який має різні значення залежно від нерівномірності стоку і являє собою відношення середньоквадратичного відхилення річних значень стоку  $\sigma$  до їх середньобагаторічного значення:

$$C_V = \frac{\sigma}{Q_{CP}} = \frac{1}{Q_{CP}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{CP})^2}{n}}. \quad (14)$$

У разі стоку річок, що мало змінюється за період спостережень, наприклад, витікаючих з озер,  $C_V$  може складати 0,15 – 0,25, а для річок посушливих районів, коли стік в маловодні і багатоводні роки різко відрізняється, – 0,7–1,1.

Коефіцієнт асиметрії  $C_S$  характеризує несиметричну ряду досліджуваних величин стоку відносно їх середнього значення:

$$C_S = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{Q_{CP}} - 1\right)^3}{nC_V^3}. \quad (15)$$

## 6.2 Типи регулювання річкового стоку

Міра регулювання стоку залежить від співвідношення корисного об'єму водосховища  $V_{ПОЛ}$  до об'єму середньобагаторічного стоку й нерівномірності стоку в часі (коефіцієнти  $C_V$  і  $C_S$ ).

Коефіцієнт об'єму регулювання водосховища, що приблизно характеризує міру регулювання, складає

$$\beta = \frac{V_{ПОЛ}}{W_{CP}}. \quad (16)$$

Розрахунки регулювання стоку ґрунтуються на хронологічних рядах натурних спостережень за природним стоком.

Важливою характеристикою водоспоживання є його забезпеченість, яка показує, протягом якої кількості років по відношенню до всього хронологічного ряду за цього корисного об'єму водосховища встановлене водоспоживання забезпечується.

Розрахункова забезпеченість водоспоживання може бути визначена за наближеною формулою:



$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100 \quad \text{или} \quad P = \frac{m-0,3}{n+0,4} \cdot 100, \quad (17)$$

де  $P$  – розрахункова забезпеченість водоспоживання у відсотках;  $m$  – кількість років, впродовж яких задовольняється встановлене водоспоживання (порядковий номер члена гідрологічного ряду спостережень, розташованого в убуваючому порядку).

Розрахункова забезпеченість для господарчо-побутового водопостачання зазвичай складає 95 %, для ГЕС – 90 %, для зрошування – 75 – 80 %.

Водосховища ГЕС здійснюють багаторічне, річне або сезонне, тижневе і добове регулювання.

Багаторічне регулювання дозволяє перерозподіляти стік за ряд років, накопичуючи стік у водосховищі в багатоводні роки і спрацьовує в маловодні. Для водосховищ багаторічного регулювання спрацювання до РМО (рівень мертвого об'єму водосховища) відбувається в маловодні роки. За багаторічного регулювання залежно від змінюваності стоку коефіцієнт приблизно складає  $\beta = 0,3 \div 0,6$  і вище.

Річне або сезонне регулювання здійснює перерозподіл стоку всередині року, накопичуючи стік у водосховищі в багатоводний сезон в період паводків і спрацьовує в маловодний сезон в період межені. Це є найбільш поширеним типом регулювання стоку. За річного регулювання коефіцієнт зазвичай складає  $\beta > 0,1$ .

Тижневе регулювання здійснюється в основному в інтересах гідроенергетики в зв'язку з нерівномірним споживанням електроенергії, перерозподіляючи стік протягом тижня зі зменшенням попусків в неробочі дні і збільшенням – в робочі.

Добове регулювання здійснюється у зв'язку з нерівномірним режимом роботи ГЕС в період покриття пікової частини графіка навантажень, забезпечуючи перерозподіл витрат води протягом доби.

Багаторічне й сезонне регулювання річкового стоку здійснюються великою кількістю водосховищ комплексного призначення. У США з 75-ти водосховищ об'ємом понад 1 км<sup>3</sup> 55-ть водосховищ з коефіцієнтом  $\beta \geq 0,5$  здійснюють багаторічне регулювання стоку, в країнах СНД з 66-ти водосховищ об'ємом більше 1 км<sup>3</sup> 24-ри водосховища є водосховищами багаторічного регулювання.

В умовах каскаду ГЕС різко зростають можливості регулювання стоку річок. За цього при розміщенні ГЕС з регулюючими водосховищами вище в каскаді вони впливають на всі розташовані нижче рівні, забезпечуючи їх зарегульованим стоком і підвищуючи гарантовану віддачу. Проте за такого розміщення в об'ємі річкового стоку, використовуваному під час регулювання, не бере участь стік припливів на розташованій нижче ділянці річки.

У разі розміщення регулюючих водосховищ у нижній частині каскаду за рахунок припливів збільшується об'єм стоку, який можна використати під час регулювання, але тільки на розташованих нижче рівнях.

Оптимальне розміщення ГЕС з регулюючими водосховищами в каскаді визначається в результаті техніко-економічного зіставлення варіантів з урахуванням природних умов, впливу на природне й соціальне середовища.

Водноенергетичні й водогосподарські розрахунки для каскаду ГЕС з водосховищами комплексного призначення виконуються з урахуванням вимог гідроенергетики, інших водокористувачів і водоспоживачів.

На Волзькому каскаді ГЕС (Росія) основними регулюючими водосховищами є Рибінське й Волзьке (Куйбишевське) з корисним об'ємом відповідно до 16,7 км<sup>3</sup> і 34,6 км<sup>3</sup>, інші ГЕС працюють в основному на витратах, що надходять від них.

В Україні основні річки мають такий середньобогаторічний об'єм стоку, км<sup>3</sup>: Дніпро – 55,4, Дністер – 10, Тиса (на території України) – 9,3, Сіверський Донець – 5, Південний Буг – 3,4. Вони характеризуються вкрай нерівномірним розподілом стоку в часі в багаторічному розрізі, коли в багатоводні роки стік може бути в 2 рази вищим, ніж у середні, а в маловодні – в стільки ж разів нижчим, а також в розрізі року, коли впродовж весняної повені протікає більше 60 % від річного об'єму стоку.

Дніпровський каскад ГЕС, де основні регулюючі водосховища: Кременчуцьке й Каховське мають корисний об'єм відповідно до 9 км<sup>3</sup> і 6,8 км<sup>3</sup> з сумарним корисним об'ємом усіх водосховищ близько 18 км<sup>3</sup> ( $\beta=0,32$ ), здійснює річне регулювання стоку.

Для ефективного регулювання стоку й режиму водосховищ у процесі експлуатації в інтересах учасників ВГК використовуються спеціальні диспетчерські правила, які повинні забезпечити гарантовану водовіддачу (для ГЕС – потужність), пом'якшити перебої в водовіддачі в украй маловоді періоди, що перевищують розрахункову забезпеченість.

У диспетчерських правилах, які ґрунтуються на результатах аналізу роботи водосховищ або їх каскаду за календарним рядом спостережень минулих років, даються рекомендації щодо режимів водосховищ в основному в вигляді комп'ютерних програм.

### **6.3 Водний баланс**

Водний баланс відбиває характер регулювання стоку водосховищем і характеризує співвідношення складових прибуткової і витратної частин стоку за розрахунковий період часу, враховуючи, що для кожного типу регулювання характерні свої періоди й об'єми наповнення та спрацювання. Водний баланс може складатися на рік, місяць, декаду.

Водний баланс ряду найбільших водосховищ, розташованих в різних кліматичних зонах світу, наведений у таблиці 1.

Як видно з таблиці 1, у витратній частині втрати на випарення істотно змінюються залежно від кліматичних умов і параметрів водосховища. В процесі

відбору води для водопостачання, зрошування тощо дані об'єми також повинні враховуватися у водному балансі.

Таблиця 1 – Річний водний баланс ряду найбільших водосховищ

Країна, водосховище	Повний об'єм , км <sup>3</sup>	Площа дзеркала, км <sup>2</sup>	Прихід				Витрата			
			Поверхневий приплив		Опади		Стік		Випар	
			км <sup>3</sup>	%	км <sup>3</sup>	%	км <sup>3</sup>	%	км <sup>3</sup>	%
<b>Україна</b>										
Каховське	18,2	2150	52,0	98	1,0	2	51,1	96	1,9	4
<b>Росія</b>										
Рибінське	25,4	3800	33,2	92	2,8	8	34,1	94	1,9	6
Волгоградське	33,5	3500	238,0	99	2,0	1	237,0	99	3,0	1
Цимлянське	23,8	2320	22,0	96	1,1	4	21,0	91	2,1	9
Братське	169,3	5000	91,6	98	1,8	2	91,8	98	1,6	2
<b>Казахстан</b>										
Бухтармінське	53,0	4300	19,8	88	2,6	12	18,6	83	3,8	17

### Контрольні питання

- 1 Основні характеристики річкового стоку.
- 2 Типи регулювання річкового стоку.
- 3 Водний баланс.

## **Тема 7 ЕКОЛОГІЧНА ПОЛІТИКА ДЕРЖАВИ**

### **7.1 Загальний стан.**

### **7.2 Законодавчі й нормативні вимоги щодо охорони навколишнього середовища.**

### **7.3 Екологічна експертиза.**

### **7.1 Загальний стан**

Постійно зростаюче техногенне навантаження на навколишнє середовище викликало погіршення екологічної ситуації в багатьох країнах. Проблема охорони навколишнього середовища й забезпечення екологічної безпеки вийшла за межі національних меж і перетворилася на одну з глобальних проблем, що стоять перед світовою спільнотою в XXI столітті.

Міжнародна співпраця в сфері екології ґрунтується на відповідних положеннях Статуту ООН, Всесвітньої декларації прав людини (1948 р.), Декларації Стокгольмської конференції з проблем навколишнього середовища, Конвенції щодо оцінки дії на навколишнє середовище в трансграничному просторі (1981 р.), Конвенції про біологічну різноманітність (1992 р.) та інші міжнародні акти й угоди.

Виходячи з цього, соціально-економічний розвиток країн повинен супроводжуватися збереженням безпечного стану навколишнього середовища для забезпечення життєдіяльності суспільства й кожної людини, спираючись на правову систему, що базується на гуманістичних ідеях і принципах міжнародного права.

Система національного законодавства в сфері екології більшості країн пов'язана з міжнародними еколого-правовими нормами. Найважливіше значення надається національному законодавству в регулюванні стосунків з питань використання природних ресурсів, охорони навколишнього середовища й забезпечення екологічної безпеки. При цьому екологічна політика держав спрямована на попередження прояву наслідків негативного техногенного впливу й забезпечення дієвої системи екологічної безпеки.

Система національного екологічного законодавства ґрунтується на:

– конституційному регулюванні екологічних правовідносин, яке закріплює найбільш важливі принципи й форми використання природних ресурсів, декларує екологічні права громадян, вимоги щодо охорони навколишнього середовища й екологічної безпеки;

– еколого-правовому регулюванні, яке базується на законодавчих актах і еколого-правових нормах;

– міжнародно-правовому регулюванні за допомогою ратифікації законодавчим органом держави Міжнародних конвенцій на рівні ООН,

Європейського Союзу, двох- і багатосторонніх угод держави з іншими державами і, що вкрай важливо, забезпеченням пріоритету міжнародних еколого-правових норм з гармонізацією національного законодавства з принципами і положеннями міжнародного права.

Світова практика будівництва й експлуатації гідроенергетичних об'єктів з водосховищами комплексного призначення показала, що вони чинять серйозний вплив на навколишнє середовище, який може привести до негативних наслідків, тому в процесі реалізації проекту гідроенергетичних об'єктів і їх експлуатації екологічна політика держав спрямована на недопущення негативних наслідків для навколишнього середовища, що призводять до порушення екологічної рівноваги, і захист інтересів громадян, забезпечуючи:

- обов'язкове оцінювання під час проектування дій на навколишнє середовище, з урахуванням якого, виходячи з впливу об'єкта на соціальні й природні умови та його економічної ефективності, державними органами може прийматися рішення про розміщення гідроенергетичного об'єкта й реалізації проекту;

- державний нагляд за виконанням усього комплексу природоохоронних і соціальних заходів, станом навколишнього середовища й безпекою споруд у період будівництва й експлуатації;

- участь державних органів у роботі по відвертанню і ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з можливими аварійними ситуаціями.

Слід зазначити, що в політиці Світового банку реконструкції й розвитку та інших міжнародних фінансових організацій з виділення кредитів для фінансування будівництва гідроенергетичних об'єктів в слаборозвинених країнах, що розвиваються, найважливішими є екологічні й соціальні пріоритети. Фінансування здійснюється тільки для проектів економічно ефективних і таких, що забезпечують у повному обсязі дотримання вимог з охорони навколишнього середовища, що пред'являються МБРР і національним законодавством.

## **7.2 Законодавчі й нормативні вимоги щодо охорони навколишнього середовища**

До основних законодавчих актів, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки, відносяться Закони України "Про охорону природного довкілля", "Про екологічну експертизу", "Про плату за землю", "Про природно-заповідний фонд", "Про тваринний світ", а також Водний кодекс, Земельний кодекс, Лісовий кодекс, Кодекс України про надра, Червона книга України.

Дані законодавчі акти, а також відповідні норми регулюють відношення в сфері використання й охорони поновлюваних водних і гідроенергетичних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки й життєдіяльності людини,

відвертання і ліквідації негативних наслідків для природного навколишнього середовища від дій гідроенергетичних об'єктів, збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів і об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною.

Закон "Про охорону природного навколишнього середовища" є засадничим законодавчим актом і визначає правові, економічні й соціальні основи організації охорони природного навколишнього середовища в інтересах нинішнього і майбутніх поколінь, виходячи з основних принципів:

- пріоритетності вимог екологічної безпеки, обов'язковості дотримання екологічних стандартів, нормативів;
- гарантування екологічної безпеки для життя і здоров'я людей;
- заходів щодо охорони природного навколишнього середовища попереджувального характеру;
- екологізації матеріального виробництва на основі принципу комплексності у вирішенні питань з охорони навколишнього середовища й використання природних ресурсів;
- збереження просторової і видової різноманітності й цілісності природних об'єктів і комплексів;
- науково обґрунтованого узгодження екологічних, економічних і соціальних інтересів суспільства на основі поєднання знань екологічних, соціальних, природних і технічних наук і прогнозування стану природного навколишнього середовища;
- обов'язковості екологічної експертизи;
- гласності й демократизму в процесі ухвалення рішень, реалізація яких впливає на стан природного навколишнього середовища, формування в населення екологічного світогляду;
- науково обґрунтованого нормування дій на природне навколишнє середовище;
- компенсації збитку, заподіяного порушенням законодавства про охорону природного навколишнього середовища;
- вирішення проблем з охорони природного навколишнього середовища на основі широкої міжнародної співпраці.

Водний кодекс України, визначаючи водно-екологічний правопорядок, спрямований на науково обґрунтоване раціональне використання водних ресурсів для потреб населення і галузей економіки, їх охорону від забруднення, засмічення і вичерпання, відвертання шкідливої дії, встановлює:

- нормативи екологічної безпеки водокористування, включаючи гранично допустимі концентрації речовин у водних об'єктах, використовуваних для потреб населення і галузей економіки;
- екологічний норматив якості води водних об'єктів, що містить значення концентрації забруднюючих речовин і показники якості води: загальнофізичні, біологічні, хімічні тощо);

- нормативи гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти;
- технологічні нормативи для забезпечення раціонального використання води на основі передових технологій;
- права й обов'язки водокористувачів, включаючи гідроенергетику, водний транспорт, господарсько-питне, сільськогосподарське, промислове водопостачання, зрошування, рибне господарство, рекреацію тощо;
- порядок експлуатації водогосподарських систем;
- комплекс заходів щодо збереження водності річок і охорони їх від виснаження, правила регулювання стоку річок при створенні водойм;
- відповідальність за порушення водного законодавства.

Закон України "Про екологічну експертизу" регулює громадські стосунки в сфері екологічної експертизи з метою попередження негативної дії антропогенної діяльності на стан природного навколишнього середовища й здоров'я людей, оцінки міри екологічної безпеки господарської діяльності й екологічної ситуації.

### **7.3 Екологічна експертиза**

Основними завданнями державної екологічної експертизи гідроенергетичних об'єктів є:

- визначення міри екологічної безпеки планованого або експлуатованого об'єкта;
- організація комплексного науково обґрунтованого оцінювання об'єкта;
- установа відповідності об'єкта вимогам екологічного законодавства, санітарних і будівельних норм;
- оцінка впливу будівництва й експлуатації об'єкта на стан природного навколишнього середовища, умови життя і здоров'я людей;
- оцінка ефективності, повноти, обґрунтованості й достатності заходів щодо охорони природного й соціального навколишнього середовища.

Екологічна експертиза ґрунтується на наступних основних принципах:

- гарантування безпеки для життя і здоров'я людей, природного навколишнього середовища;
- збалансованість екологічних, медико-біологічних, економічних і соціальних інтересів;
- наукова обґрунтованість, незалежність, об'єктивність, комплексність, варіантність, гласність і облік громадської думки;
- екологічна безпека й економічна доцільність реалізації проекту;
- державне регулювання і законність.

Об'єктами екологічної експертизи можуть бути схема використання

гідроенергетичних ресурсів річки, ТЕО, проекти, техніко-робочі проекти на будівництво нових, розширення, реконструкцію, технічне переоснащення гідроенергетичних об'єктів, а також експлуатовані об'єкти. До складу проектної документації повинен входити розділ за оцінкою дій на довкілля.

Позитивне укладення державної екологічної експертизи є основою для затвердження державними органами проектних матеріалів і можливості фінансування будівництва об'єкта.

У процесі проведення екологічної експертизи повинне забезпечуватися дотримання пріоритету права громадян на сприятливе природне навколишнє середовище, поєднання економічних і екологічних інтересів, соціальної орієнтації й екологічної безпеки.

### **Контрольні питання**

- 1 Законодавчі й нормативні вимоги щодо охорони довкілля.
- 2 Екологічна експертиза.



## **Тема 8 ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

### **8.1 Загальний стан.**

### **8.2 Схема використання гідроенергетичних ресурсів річки.**

### **8.3 Техніко-економічне обґрунтування.**

### **8.4 Проект і робоча документація.**

### **8.5 Розділ щодо оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) в проектних матеріалах.**

### **8.1 Загальний стан**

В Україні проектування здійснюється на підставі державних будівельних норм (ДБН А.2.2-3-2014).

Для технічних складних об'єктів, до яких відносяться великі гідроенергетичні об'єкти, розробляються для узгодження і затвердження техніко-економічне обґрунтування і проект, а для будівництва – робоча документація. При цьому затвердженню підлягає тільки одна стадія.

Для малих ГЕС після ТЕО може виконуватися поєднана стадія – робочий проект.

ТЕО гідроенергетичних об'єктів зазвичай розробляється на підставі схеми комплексного використання й охорони водних ресурсів потоку або схеми його гідроенергетичного використання та схеми розміщення ГАЕС.

Під час розробки проектної документації гідроенергетичних об'єктів мають бути забезпечені:

- відповідність вимогам нормативних документів;
- ухвалення найбільш ефективних технічних рішень, передових технологій, відповідність архітектурним вимогам;
- охорона навколишнього середовища, сприятливі умови проживання населення, раціональне використання природних ресурсів;
- експлуатаційна надійність і безпека;
- висока ефективність інвестицій.

Залежно від відповідальності, економічних, соціальних і екологічних наслідків у разі аварії, висоти греблі, геологічної будови основи водопідпірні гідротехнічні споруди поділяються на класи. У таблицях 2 і 3 наведена класифікація споруд за нормами, що діють в країнах СНД.

Малі ГЕС, такі, що не входять до складу комплексного гідровузла, відносяться до класу СС2-2.

Клас споруд, визначений за таблицею 3, залежно від наслідків аварії допускається підвищувати на одиницю, якщо вона може спричинити катастрофічні наслідки для розташованих нижче міст, великих промислових підприємств тощо.

Таблиця 2 – Класи гідротехнічних споруд залежно від потужності гідроенергетичних об'єктів

Об'єкти гідроенергетичного будівництва	Клас споруд
Гідротехнічні споруди ГЭС і ГАЕС потужністю, млн кВт: 1,5 і більше	СС3
Менше за 1,5	СС2-1 – СС1

Таблиця 3 – Класи водопідпірних гідротехнічних споруд залежно від висоти, типу основи, наслідків аварій

Водопідпірні споруди	Грунти основи	Висота споруди, що визначає класи, м			
		СС3	СС2-1	СС2-2	СС1
Греблі з ґрунтових матеріалів	Скельні	>100	70–100	25–70	<25
	Піщані, крупно-уламкові, глинисті в твердому й напівтвердому станах	>75	35–75	15–35	<15
	Глинисті, водонасичені в пластичному стані	>50	25–50	15–25	<15
Греблі бетонні й залізобетонні, підводні конструкції будівель ГЕС, судноплавні шлюзи та інші спорудження напірного фронту	Скельні	>100	60–100	25–60	<25
	Піщані, крупно-уламкові, глинисті в твердому й напівтвердому станах	>50	25–50	10–25	<10
	Глинисті, водонасичені в пластичному стані	>25	20–25	10–20	<10

Берегоукріплюючі споруди слід відносити до класу СС2-2. Якщо їх аварія може привести до наслідків катастрофічного характеру (внаслідок зсуву, підмиву тощо), клас споруди підвищують на одиницю.

## 8.2 Схема використання гідроенергетичних ресурсів річки

Специфічною особливістю гідроенергетичних об'єктів є комплексне використання водосховищ. Їх проектуванню зазвичай передують розробка схеми комплексного використання й охорони водних ресурсів потоку (або регіону), в якій визначається найбільш ефективне використання водних і гідроенергетичних ресурсів потоку каскадом гідровузлів, виходячи з інтересів усіх водокористувачів і умов охорони навколишнього середовища, або розробка схеми використання гідроенергетичних ресурсів річки.

Під час складання схеми використання гідроенергетичних ресурсів річки здійснюється обов'язкове рекогносцирувальне обстеження з вивченням технічних, природних, екологічних і соціальних умов, використовуються наявні матеріали щодо природних умов (гідрологічних, кліматичних, топогеодезичної вивченості й інженерно-геологічних умов), виконується необхідний мінімум інженерних досліджень.

У процесі складання схеми використання гідроенергетичних ресурсів річки визначаються:

- технічний і економічно ефективний гідроенергетичний потенціал річки з урахуванням економічних, екологічних і соціальних чинників у сучасних умовах і в перспективі;

- оптимальне розбиття каскаду ГЕС, включаючи кількість ГЕС, попереднє їх місце розташування і параметри, порядок будівництва ГЕС в каскаді і першочергові ГЕС, виходячи з комплексного використання водних ресурсів, перспектив соціально-економічного розвитку й охорони навколишнього середовища;

- розробка узагальненого прогнозу впливу на навколишнє середовище;

- оцінка економічної доцільності й екологічної допустимості будівництва першочергових ГЕС каскаду в терміни, відповідні до розрахункових рівнів розвитку економіки регіону, екологічні й соціальні наслідки, попередній склад і характер захисних, компенсаційних і природоохоронних заходів.

У складі схеми розробляється концепція використання гідроенергетичних ресурсів у комплексі з вирішенням водогосподарських проблем, включаючи водопостачання населення, промисловості, сільського господарства, зрошування, рибне господарство, водний транспорт, захист від повеней, санітарно-екологічні попускання тощо, відповідно до їх пріоритетності й значущості.

Обґрунтування оптимальної схеми каскаду ГЕС є надзвичайно складним завданням, враховуючи, що в умовах різних часто суперечливих інтересів

учасників водогосподарського комплексу необхідно забезпечити ефективне регулювання стоку, повніше використання падіння потоку для гідроенергетики й вимоги щодо охорони навколишнього середовища.

У процесі розбиття потоку на ступені, розміщення гідровузлів і встановлення їх основних параметрів визначальне значення мають природні умови в басейні річки (гідрологічні, топографічні, інженерно-геологічні), стан природного навколишнього середовища, стан і перспективи розвитку техногенного й соціального середовищ, включаючи розвиток промисловості, сільського господарства, населених пунктів, щільність населення, умови його проживання та інші чинники.

Виходячи з сукупності даних чинників, сприятливіші умови забезпечуються завдяки розміщенню гідровузлів з великими регулюючими водосховищами в гірських і передгірних районах.

Вибір схеми каскаду виконується шляхом зіставлення різних варіантів розбиття каскаду на ступені й параметрів гідровузлів.

У кожному варіанті для гідровузлів визначаються попередні основні водогосподарські й енергетичні параметри, стан довкілля, а в цілому для каскаду – техніко-економічні показники й екологічні параметри.

До найважливіших інтегральних параметрів, що характеризують вплив каскаду ГЕС на навколишнє середовище, відносяться скорочення площі затоплення земель водосховищами, зменшення кількості населення, що переселяється, недопущення погіршення якості води, збереження в цілому екологічної рівноваги, забезпечення максимального захисту від паводків.

У разі розміщення ГЕС з регулюючими водосховищами вище в каскаді, вони забезпечують зарегульованим стоком усі розташовані нижче ГЕС каскаду, збільшуючи енергетичні показники, а також підвищення гарантованої водовіддачі споживачам на розташованій нижче ділянці річки. Тому ГЕС з регулюючими водосховищами доцільно будувати за інших рівних умов на верхній ділянці річки.

### **8.3 Техніко-економічне обґрунтування**

Найважливішою стадією проектування, що обґрунтовує необхідність будівництва гідроенергетичних об'єктів, виходячи з економічної доцільності, безпеки для природного навколишнього середовища і населення, являється техніко-економічне обґрунтування гідроенергетичного об'єкта, яке розробляється на підставі схеми використання гідроенергетичних ресурсів річки. На основі ТЕО приймається рішення про будівництво.

У складі ТЕО гідроенергетичного об'єкта виконуються:

- початкові положення, включаючи загальну характеристику соціально-економічного розвитку району й характеристику об'єкта;
- гідрологічні, топографічні й інженерно-геологічні дослідження;

– обґрунтування розміщення об'єкта, обрання ділянки місця розташування створу в результаті техніко-економічного порівняння варіантів на основі матеріалів досліджень;

– аналіз сучасного стану й перспектив розвитку соціально-економічних умов району;

– водогосподарські й водноенергетичні розрахунки за даними ряду спостережень за стоком річки, водогосподарський баланс з урахуванням розвитку економіки й збільшення потреби в воді на розрахункові рівні;

– аналіз сучасного стану й перспектив розвитку енергосистеми, уточнення вимог енергосистеми до енергетичних параметрів, режимів роботи й умов видачі потужності на розрахункові рівні, виходячи з планованого перспективного її розвитку, схеми приєднання ГЕС до енергосистеми;

– обґрунтування основних параметрів, включаючи НПР, РМО, ФПР, корисний об'єм водосховища, розрахункову паводкову витрату, встановлену й гарантовану потужність ГЕС (потужність в насосному режимі для ГАЕС), середньобагаторічне вироблення, а також вироблення в екстремальні маловодний і багатоводний роки, розрахунковий натиск і витрата, виходячи з умов комплексного використання водосховища й вимог щодо охорони навколишнього середовища;

– схема генплану, компоновально-конструктивні рішення гідротехнічних споруд, основні рішення щодо технологічного устаткування та вибухопожежної безпеки;

– основні положення щодо організації будівництва, термінів будівництва, включаючи наповнення водосховища і введення гідроагрегатів;

– основні рішення щодо підготовки зони водосховища й нижнього б'єфу;

– розробка детального прогнозу й оцінювання дії на навколишнє середовище, зіставлення варіантів, розроблення рекомендацій, включаючи природоохоронні, соціальні, захисні й компенсаційні заходи;

– вартість будівництва;

– економічний і фінансовий аналіз, техніко-економічні показники.

У ТЕО для гідроенергетичних об'єктів з водосховищами комплексного призначення здійснюється розподіл загальних капітальних вкладень між усіма учасниками, що дозволяє оцінити ефективність об'єкта як у цілому, так і щодо кожного водокористувача.

Розрахована в ТЕО загальна вартість будівництва визначає кошторисний ліміт в процесі подальшого проектування.

## **8.4 Проект і робоча документація**

Проект розробляється на підставі рекомендованих у затвердженому ТЕО рішень.

У складі проекту гідроенергетичного об'єкта виконуються:

- характеристика району будівництва й гідроенергетичного об'єкта;
- додаткові топографічні й інженерно-геологічні дослідження на обраній ділянці створу й за необхідності – в зоні водосховища;
- детальні водогосподарські й водноенергетичні розрахунки, режими роботи гідровузла за обраними параметрами, виходячи з умов комплексного використання й вимог щодо охорони навколишнього середовища;
- уточнення генплану, обрання й обґрунтування рекомендованого місця розташування створу, компонування гідровузла, типів і конструкції гідротехнічних споруд, комплексу контрольно-вимірювальної апаратури, що розміщується в спорудах, архітектурного рішення, рекомендованих типів і параметрів технологічного устаткування, основні положення щодо експлуатації;
- організація будівництва, включаючи пусковий комплекс і календарний графік будівництва;
- підготовка зони водосховища й нижнього б'єфу;
- оцінювання дій на навколишнє середовище (за необхідності, визначуваною за участю відповідних державних органів), детальна розробка природоохоронних, захисних і компенсаційних заходів, моніторинг;
- кошторисна документація;
- техніко-економічна частина, включаючи оцінювання ефективності прийнятих рішень, економічний і фінансовий аналіз, порівняння техніко-економічних показників проекту і затвердженого ТЕО.

Для обґрунтування прийнятих рішень у складі проекту виконуються детальні інженерні розрахунки, а також дослідницькі роботи, включаючи гідравлічні, фільтраційні та інші дослідження.

У проекті визначаються остаточні типи й параметри споруд і технологічного устаткування гідроенергетичного об'єкта.

Робоча документація розробляється на підставі рішень, прийнятих у затвердженому проекті, і включає робочі креслення, за якими на будівельному майданчику виконуються будівельно-монтажні роботи, і кошторисну документацію.

## **8.5 Розділ щодо оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) в проектних матеріалах**

Однією з головних вимог, що ставляться до розробки проектної документації законодавчими актами й нормами практично в усіх країнах, є необхідність забезпечити охорону довкілля і раціональне використання природних ресурсів, сприятливі умови для життя людей, збалансованість екологічних і економічних інтересів та екологічну безпеку.

Нині не існує єдиної міжнародної уніфікованої системи оцінювання впливу створення гідроенергетичних об'єктів на навколишнє середовище. За

наявності загальних підходів у кожній країні існує своя специфіка, пов'язана з особливостями фізико-географічних зон, клімату, економічних і соціальних умов.

Відповідно до вимог норм до складу проектної документації гідроенергетичного об'єкта повинен входити розділ щодо оцінки впливу на навколишнє середовище, основними завданнями якого є:

- характеристика існуючого стану навколишнього середовища району будівництва гідроенергетичного об'єкта;

- визначення складу екологічно небезпечних дій на навколишнє середовище в зоні впливу гідроенергетичного об'єкта для даних варіантів ділянок створів, основних параметрів (НПР, РМО тощо), режимів експлуатації, у тому числі альтернативних варіантів;

- визначення масштабів і рівнів дії на навколишнє середовище в нормальних і аварійних ситуаціях;

- аналіз можливих аварійних ситуацій і оцінка вірогідності їх виникнення;

- прогноз зміни стану навколишнього середовища в цілому та окремих його компонентів у процесі будівництва, експлуатації гідроенергетичного об'єкта й аварійних ситуацій;

- обґрунтування комплексу природоохоронних, захисних, компенсаційних заходів щодо відвертання або мінімізації негативних наслідків навколишнього середовища, дотримання вимог екологічного законодавства й норм;

- оцінювання еколого-економічних наслідків реалізації проекту з урахуванням залишкових дій на навколишнє середовище й аналізом повних громадських втрат і вигод.

Під час розробки розділу ОВНС гідроенергетичного об'єкта слід керуватися законодавчими актами, будівельними, санітарними, гігієнічними нормами й правилами. Розділ ОВНС включає:

- обґрунтування для складання ОВНС;

- фізико-географічну й кліматичну характеристики району будівництва гідроенергетичного об'єкта;

- загальну характеристику гідроенергетичного об'єкта (у тому числі водосховища з береговою зоною і ділянкою нижнього б'єфу в межах впливу гідроенергетичного об'єкта);

- характеристику природного навколишнього середовища й оцінювання дії на нього;

- характеристику соціального навколишнього середовища й оцінювання дії на нього;

- оцінку дії гідроенергетичного об'єкта на техногенне навколишнє середовище;

- заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища й екологічної безпеки;

- комплексну оцінку дій гідроенергетичного об'єкта на довкілля і

характеристику залишкових дій;

– заяву про екологічні наслідки.

У загальній характеристиці гідроенергетичного об'єкта також наводяться його основні параметри, перелік дій на навколишнє середовище, обґрунтування його економічної ефективності з урахуванням позитивних соціальних і екологічних аспектів, порівняння з альтернативними варіантами, аналіз можливих аварійних ситуацій.

Матеріали ОВНС гідроенергетичного об'єкта, як правило, розробляються на стадії ТЕО й уточнюються в разі зміни в порівнянні з ТЕО рішень, прийнятих у проекті, зокрема, створу гідровузла, основних параметрів водосховища (НПР, РМО), потужності, режиму експлуатації.

### **Контрольні питання**

- 1 Схема використання гідроенергетичних ресурсів річки.
- 2 Техніко-економічне обґрунтування.
- 3 Проект і робоча документація.
- 4 Розділ щодо оцінки дій на навколишнє середовище в проектних матеріалах.



## Тема 9 ОЦІНЮВАННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА РАЙОНУ РОЗМІЩЕННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБ'ЄКТА

### 9.1 Гідрологічні умови й водні ресурси.

### 9.2 Кліматичні умови.

### 9.3 Геологічне середовище.

### 9.4 Рекреаційні умови.

### 9.1 Гідрологічні умови й водні ресурси

**Річка та її режим.** У процесі оцінювання сучасного стану річки наводяться характеристика в цілому річкової системи й басейну, місце річки в басейні, її господарська освоєність, причому з більшою деталізацією дається характеристика ділянки річки в зоні проєктованого водосховища та його впливу. Така оцінка включає:

- характеристику річкової системи, головної річки і її припливів, у тому числі витоку, верхньої, середньої і нижньої течій річки, гирла;

- дані про водозбірний басейн, його морфометричні характеристики (площа, довжина, форма); фізико-географічні характеристики (географічне положення, геологічна будова, ґрунти, рельєф поверхні й середній ухил, рослинний покрив, водні поверхні в межах басейну, визначувані коефіцієнтом озерності – відношенням сумарної площі дзеркала всіх озер, ставків, водосховищ до загальної площі басейну; заболоченість басейну);

- дані про річкову долину й параметри її елементів (ухили, тераси, заплави, тип долини на різних ділянках, наявність зсувів, осипів, конусів винесення з бічних долин тощо);

- параметри річкового русла (форма, глибина, характерні річкові утворення, поздовжній профіль річки);

- дані про живлення річки поверхневими водами, включаючи дощове, снігове, льодовикове, штучне в результаті діяльності людини, наприклад у процесі перекидання стоку однієї річки в іншу, змішане підземними водами;

- гідрологічну вивченість річки, в тому числі дані про пункти спостережень (водомірні пости), періоди спостережень за стоком річки по її довжині, результати гідрологічних спостережень;

- дані про тепловий режим річки в розрізі року, розподіли температури води по довжині річки, особливості льодового режиму, включаючи утворення внутрішньоводного льоду, ополонки;

- характеристику рівневого режиму по довжині річки, коливання рівнів у періоди паводків і межені, затоплення і підтоплення території у період проходження паводків;

- характеристику швидкісного режиму річки, розподіли швидкостей по

довжині річки за різних витрат і рівнів у розрізі року, особливості розподілу швидкостей в потоці;

– характеристику водного режиму, розподіл стоку в розрізі року та за сезонами, включаючи тривалість та особливості паводків і межені, дані про максимальні паводкові витрати й об'єми стоку паводків, зв'язок витрат і рівнів річки в створі гідровузла та інших характерних створах;

– дані про твердий стік, зважені й тягнені наноси, гранулометричний і петрографічний склад, їх формування і розподіл в розрізі року, транспортуючої здатності потоку, характеристику й особливості процесів деформації річкового русла в розрізі року, включаючи процеси ерозії (розмиву) русла й акумуляції наносів. Зазвичай концентрація зважених наносів у воді (каламутність) різко збільшується в періоди проходження паводків та зі зростанням швидкості течії.

**Річний стік, його розподіл.** Основою для аналізу річного стоку річки є гідрометричні дані багаторічного ряду спостережень за витратами річки на водомірних постах. Враховуючи вплив на річний стік господарської діяльності (регулювання стоку ставками й водосховищами, безповоротне водоспоживання з них), шляхом введення поправок приводять його до природних умов. Виконується аналіз зв'язку побутового (що спостерігався) і природного (відновленого) стоку з середніми щодо водозбору осіданнями.

Аналізуються особливості водного режиму, що представляють загрозу навколишньому середовищу, викликають катастрофічні паводки, тривалі маловодні періоди, погіршують санітарний стан і водопостачання, створюють перебої та селеві потоки. Виконується аналіз багаторічної циклічності стоку.

Методи гідрологічних розрахунків ґрунтуються на математичному описі коливань річного стоку.

Визначаються параметри стоку, включаючи норму стоку, середньобогаторічний об'єм стоку і витрату, коефіцієнти  $C_V$  і  $C_S$ , середньорічні значення витрати для багатоводних і середніх років (зазвичай розрахунковою забезпеченістю 5, 10, 25 і 50 %) і маловодних років (зазвичай розрахунковою забезпеченістю 75, 80, 90, 95 %).

Визначення параметрів річного стоку річки за багаторічний період і особливо річного стоку в маловоді роки, а також внутрішньорічного розподілу стоку має велике практичне значення, будучи основою для виконання водогосподарських і водноенергетичних розрахунків щодо обґрунтування регулювання стоку річки й параметрів гідроенергетичного об'єкта за комплексного використання водосховища для гідроенергетики, водопостачання, зрошування, водного транспорту та інших водокористувачів і водоспоживачів.

Внутрішньорічний розподіл стоку за характерні за водністю роки в розрахункових створах наводиться за місяцями й сезонами.

Виконується аналіз проходження паводків, їх гідрографів, визначаються максимальні паводкові витрати й об'єми сумарного стоку паводків забезпеченістю 0,01; 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 5; 10; 25; 50 %.

Повені під час проходження максимальних паводків у багатьох випадках призводять до катастрофічних наслідків для навколишнього середовища.

Мінімальний стік річки зазвичай характеризується мінімальними середньомісячними й добовими витратами в межовий період.

У багатьох випадках в періоди мінімальних витрат річки в регіоні складається складна санітарно-екологічна ситуація.

**Характеристика водогосподарської обстановки. Водогосподарський баланс.** Наводяться дані щодо окремих водокористувачів і водоспоживачів: комунального господарства, промисловості, сільського господарства, зрошування, рибного господарства, водного транспорту, виходячи з перспективи соціально-економічного розвитку з урахуванням максимального використання водозберігаючих технологій і оборотних систем, також враховується забезпечення санітарно-екологічного попускання в межовий період та інших попускань.

Основні показники використання водних ресурсів включають повне й безповоротне водоспоживання, водовідведення, джерела покриття водоспоживання (поверхневі, підземні), їх об'єми. Такі дані прив'язують до розрахункових балансових створів. Наводяться матеріали водогосподарського балансу, в якому зіставляються водні ресурси річки в створі гідровузла з потребами в воді на сучасному і на розрахунковому рівнях в перспективі, визначається дефіцит водних ресурсів в розрахункові маловодні роки на сучасному рівні та в перспективі.

Гарантійність водовіддачі й енерговіддачі для окремих галузей оцінюється забезпеченістю за числом безперебійних років, що є найважливішою водогосподарською характеристикою. Так, для гідроенергетики забезпеченість зазвичай складає 90 %, для комунального водопостачання – 95%, для зрошування – 75 – 80 %.

У прибутковій частині водогосподарського балансу наводяться наявні водні ресурси річкового стоку, підземних вод, які можуть бути використані, поворотні води, що потрапляють в річку в межах даної ділянки.

У витратній частині водогосподарського балансу наводиться водоспоживання на сучасному рівні та в перспективі з водного джерела для водопостачання населення, промисловості, сільського господарства, зрошування й обводнення, рибного господарства, а також враховуються вимоги водокористувачів, включаючи гідроенергетику, водний транспорт, рибне господарство, санітарно-екологічні попускання тощо, крім того, припускаються втрати на фільтрацію, на додатковий випар з поверхні проектного водосховища.

Водогосподарський баланс разом з даними про можливі до впровадження на розрахункових рівнях водогосподарські заходи дозволяє визначити найбільш доцільний в даних конкретних умовах вид регулювання стоку річки.

На підставі результатів водогосподарського балансу надаються рекомендації щодо регулювання стоку річки. Наявність дефіциту води в окремі

розрахункові інтервали часу за відсутності його в балансі розрахункового маловодного року обґрунтовує доцільність сезонного регулювання, а відсутність його лише в балансі середнього щодо водності року – доцільність багаторічного регулювання.

## 9.2 Кліматичні умови

Кліматичні умови значною мірою визначають водний режим річки. До найважливіших кліматичних чинників відносяться кількість атмосферних опадів і характер їх випадання, температура й вологість повітря, випар, вітри.

Характеристика клімату річкового басейну наводиться в розрізі року і за ділянками басейну, розташованими в різних кліматичних зонах, включаючи:

- дані про місячну й річну кількості опадів у басейні, їх розрахункові величини різної забезпеченості;
- характеристику особливостей і розподілу дощових опадів і снігового покриву;
- максимальні добові опади різної забезпеченості;
- дані про випар, включаючи середньомісячні величини випару з водної поверхні й середньобагаторічні значення їх розрахункових величин різної забезпеченості;
- середньомісячні температури води й повітря, абсолютний максимум і мінімум температур, аналіз температурного режиму, в тому числі тривалість безморозного періоду, глибину промерзання ґрунту, товщину льодового покриву;
- середньомісячні абсолютні й відносні вологості повітря, максимум і мінімум абсолютної вологості в розрізі року;
- аналіз кількості сухих днів з відносною вологістю до 30 %, днів з відносною вологістю більше 70 – 80 %;
- дані про вітер за сезонами року, включаючи напрям, середні швидкості за місяцями, абсолютний максимум, аналіз повторюваності вітрів у діапазоні швидкостей: від мінімальних до максимальних;
- дані про такі несприятливі явища, як урагани, запорошені бурі, грози, суховії тощо.

## 9.3 Геологічне середовище

**Інженерно-геологічні дослідження.** Інженерно-геологічні дослідження повинні забезпечувати необхідні початкові дані для обґрунтування обрання ділянки будівництва гідроенергетичного об'єкта й водосховища, оптимальних типів і параметрів гідротехнічних споруд, їх компоновально-конструктивних

рішень і способів виробництва будівельних робіт, технічних рішень щодо охорони навколишнього середовища й рекомендацій щодо складу й об'єму спостережень за станом споруд і геологічним навколишнім середовищем в період будівництва й експлуатації.

Дослідження проводяться в межах вірогідної області впливу гідровузла й водосховища та їх взаємодії з геологічним навколишнім середовищем, інженерно-геологічними процесами, що розвиваються.

У результаті досліджень має бути виконане інженерно-геологічне й сейсмічне районування, інженерно-геологічні (геофільтраційні, геофізичні, геомеханічні тощо) моделі масивів порід, розрахункові показники фізико-механічних і фільтраційних властивостей порід, що служать основою, середовищем або матеріалом для споруд, надані прогнози розвитку небезпечних геологічних процесів під час будівництва й експлуатації.

У процесі інженерно-геологічних досліджень слід запроваджувати всі необхідні заходи щодо відвертання збитку природному навколишньому середовищу, включаючи заходи щодо недопущення розмиву й обвалів схилів у місцях підрізування тимчасовими виїмками, а після завершення робіт – їх засипки й рекультивації, тампонування свердловин тощо.

**Геологічна характеристика району.** Різноманітність геологічних умов, складність поєднань, взаємодія і взаємообумовленість різних природних чинників призводять до необхідності виявлення загальних закономірностей їх взаємозв'язків, що досягається вивченням стратиграфії, літології, тектоніки, геоморфологічних особливостей місцевості, небезпечних геологічних процесів, гідрогеологічних умов, фізико-механічних властивостей гірських порід.

Від поєднання даних чинників залежать інженерно-геологічні умови району будівництва гідроенергетичного об'єкта.

Усі геологічні дослідження проводяться в межах земної кори, що являє собою поверхневий шар твердої оболонки землі.

Динаміка масивів порід пов'язана з геологічними процесами:

– ендогенними, викликаними проявом внутрішньої енергії Землі та включаючими тектоніку, сейсм тощо;

– екзогенними, обумовленими дією зовнішніх чинників, пов'язаних із впливом вітру, льоду, дощових, талих, текучих і підземних вод, гравітаційних процесів тощо.

Для району будівництва гідроенергетичного об'єкта наводиться характеристика геологічної будови району, включаючи корінні породи, представлені скельними й напівскельними породами, та породи четвертинної системи, серед яких переважають рихлі й зв'язні утворення, що відрізняються походженням. Визначаються структурні особливості порід, включаючи умови залягання, складчасті дислокації, розривні порушення (тріщинуватість кори вивітрювання, сучасні й давні), склад, стан і властивості порід окремих структурних елементів.

У загальній тектонічній структурі району виділяються регіональні

розломи й супідрядні системи розломів і наводяться їх характеристики (розміри, напрям, характер переміщень, заповнювачі тощо), а також блокові структури. Наводиться характеристика сейсмологічних умов, неотектонічних явищ, небезпечних геологічних процесів (карсту, обвалів, зсувів тощо). Дається характеристика гідрогеологічних умов, наводяться потужність і умови залягання водоносних горизонтів, їх гідравлічний характер, положення рівнів підземних вод, умови живлення і розвантаження, гідрохімічні умови, фізико-механічні й фільтраційні властивості скельних і нескельних гірських порід, що залягають в основі гідротехнічних споруд і складають ложе та береги водосховищ, геолого-гідрогеологічні умови чаші водосховища, дані інженерно-геологічного районування узбережжя водосховища за умов підпору підземних вод і фільтрації з водосховища, переформовування берегів, зсувних явищ і обвалів, карсту, просадності, геоморфологічних особливостей тощо. Оцінюється стійкість зсувонебезпечних високих і крутих схилів у природному стані, наявність передумов до порушення глибинної стійкості, включаючи давні поверхні ковзання, тектонічні порушення, тріщини бортової відсічі, наявність глинистих та інших прошарків.

**Інженерно-геологічні й сейсмологічні умови ділянки створу.** У складі характеристики інженерно-геологічних і сейсмологічних умов обраної ділянки створу гідротехнічних споруд наводяться:

- уточнені дані інженерно-геологічної будови й гідрогеологічних умов ділянки, характеристики фізико-механічних і фільтраційних властивостей та стану порід у природних умовах, можливі зміни умов і характеристик під час будівництва й експлуатації;

- спеціалізовані інженерно-геологічні моделі тріщинуватості, водопроникності, геомеханічна тощо для різних зон гірських порід ділянки, класифікація порід за групами збереження;

- уточнені параметри сейсмічності на основі мікросейсморайонування, початкові дані для визначення сейсмічних дій з урахуванням природних особливостей ділянки створу й проєктованих споруд, оцінка інтенсивності можливих тектонічних переміщень, сейсμοдеформацій і сейсмічної небезпеки;

- детальна характеристика небезпечних геологічних процесів (карст, зсуви, обвали тощо) на ділянці створу;

- сучасний стан підземних вод.

Наводяться також дані про сучасний стан підземних вод у зоні впливу проєктованого водосховища, включаючи:

- відомості про басейни підземних вод, водоносні горизонти, зв'язок з поверхневими водами;

- дані про господарське використання, характеристику водозаборів;

- дані про якість вод, у тому числі фізичні, хімічні, санітарно-гігієнічні, токсикологічні, паразитологічні та інші характеристики;

- дані про вплив антропогенних чинників на якість підземних вод, характеристика заходів щодо недопущення або зменшення потрапляння

забруднюючих речовин, щодо відвертання виснаження підземних водних ресурсів;

– сучасний стан водних екосистем, якість води.

**Стан водних екосистем, джерела забруднення річки.** Сучасний стан водних екосистем річок визначається як природними умовами, так і антропогенними діями.

Дані про стан водних екосистем річки наводяться в розрізі року залежно від сезону і для років різної забезпеченості. Надаються аналіз гідробіологічного режиму, характеристика видового складу, чисельності, біомаси, розподілу гідробіонтів, включаючи фітопланктон, бактеріопланктон, макрофіти, зоопланктон, бентосні форми тощо, зв'язки між розвитком гідробіонтів і якістю води, а також оцінка їх біопродуктивності, а також дані про наявність зникаючих уразливих, рідкісних, ендемічних і реліктових видів гідробіонтів, їх характеристика і вживані заходи щодо збереження біорізноманітності водних співтовариств.

Виконується аналіз гідрохімічного режиму, умов формування сольового складу води, сезонних змін мінералізації води за окремими показниками й концентрацією головних іонів, змін газового режиму, в тому числі кисневого, режиму біогенних елементів і органічних речовин, їх впливу на формування гідробіологічних умов, процесів природного самоочищення, а також дані про наявність важких металів у воді і донних відкладеннях, про кількісний і якісний склад забруднюючих речовин, що потрапляють в річку з площі водозбору, про основні підприємства-забрудники, включаючи режим їх роботи, характеристику очисних споруд, місце розташування випусків стічних вод, а також умови змішення, інші джерела забруднення поверхневих вод (підприємства сільського господарства, річковий флот тощо), у тому числі про характер скидань (стаціонарні, періодичні, стохастичні).

Дається оцінка впливу антропогенних чинників на стан водних екосистем і формування якості води.

**Радіоекологічна ситуація.** Радіоактивність може бути природною і техногенною. Джерелами штучних радіонуклідів є відходи уранових копалень і збагачувальних заводів, рідкі відходи ядерних реакторів, радіохімічних заводів, а також продукти випробування ядерної зброї.

Найбільше значення як чинник забруднення довгоживучими стронцієм-90 і цезієм-137 мали дрібнодисперсні частки, що утворюються в процесі повітряних вибухів і потрапляють в стратосферу.

Після підписання в 1963 році угоди про припинення випробувань ядерної зброї вже в 1967 році кількість стратосферних випадань зменшилася в 20 разів.

У зв'язку з тим, що випробування ядерної зброї в повітрі нині не проводяться, рідкі відходи АЕС стають основним джерелом можливого радіоактивного забруднення навколишнього середовища й особливо поверхневих вод.

Поверхневі водойми й потоки України схильні до істотної дії радіоактивного чинника. Основна частина продуктів аварії на Чорнобильській АЕС випала на площах водозбору річок, щільність радіоактивного забруднення носить плямистий характер. Для обґрунтування будівництва гідроенергетичних об'єктів на території України потрібне вивчення як початкової радіоекологічної ситуації, так і складання прогнозу її зміни на перспективу для розробки комплексу профілактичних заходів.

**Якість води.** Для багатьох країн під впливом антропогенної дії характерне погіршення якості природних вод внаслідок їх евтрофування, забруднення і токсифікації.

Так, за даними спостережень, в 1996–1997 роках на водних об'єктах Росії відмічено більше 900-та створів з високим рівнем забрудненості. Найбільш високий рівень забрудненості водних об'єктів спостерігався у з'єднаннях міді, заліза, марганцю, цинку, нафтопродуктів, у фенолах, нітритному й амонійному азотах, легкоокислюваних органічних речовинах, концентрації яких нерідко перевищували 10, 30, 50, 100 ГДК.

На території України перевищення ГДК за змістом у воді різних поверхнево-активних сполук зареєстроване на багатьох річках. Ще значнішого поширення набуло забруднення води важкими металами, тому важливе значення має комплексна оцінка сучасного стану якості води річки в зоні впливу гідроенергетичного об'єкта. Надаються відомості щодо сучасного використання поверхневих вод та основних водозаборів.

Наводяться дані про якість води за сезонами року, щодо років різної забезпеченості, включаючи фізичні, хімічні, бактеріологічні, радіоекологічні, санітарно-гігієнічні, токсикологічні, паразитологічні характеристики; гігієнічна оцінка чинників, що визначають сучасний стан якості води.

Дається водогосподарська і санітарна оцінки відповідності показників якості води нормативним вимогам для господарсько-питного та інших видів водокористування, а також екологічна оцінка якості води на основі екологічних класифікацій.

Наводяться дані про наявність на території майбутнього водосховища поховань людей, тварин, загиблих від небезпечних епідемічних захворювань, радіоактивних, хімічних могильників або забруднених зон, підприємств, що скидають токсичні стічні води, які можуть представляти значну небезпеку для якості води в майбутньому водосховищі.

**Іхтиофауна.** У характеристиці іхтиофауни в природних умовах на ділянці проектного водосховища й нижнього б'єфу наводяться:

- видовий склад риб, що мешкають постійно або періодично на конкретній ділянці водойми в районі гідробудівництва;
- якісний і кількісний склад їх локальних популяцій;
- наявність і характер нерестових, нагульних, зимувальних міграцій напівпрохідних, прохідних і місцевих видів риб;



- промислова й потенційна рибопродуктивності регіону;
- умови нересту, дані про нерестовища, кормову базу;
- заходи щодо охорони рідкісних і цінних видів риб.

Дається аналіз впливу на стан іхтіофауни, зміни гідрологічного, температурного, гідрохімічного, газового режимів у розрізі року в умовах багатоводних і маловодних років.

Наводяться дані про наявні екстремальні ситуації, пов'язані з порушенням екологічних умов і заморами риб.

**Наземні екосистеми.** Наводиться характеристика стану рослинних співтовариств, фауни в природних умовах, включаючи: видову різноманітність популяцій, їх якісний і кількісний склади, наявність рідкісних і цінних видів тварин, що перебувають під державною і міжнародною охороною, дані про шляхи міграцій як наземних тварин, так і птахів, мапування місць локалізації унікальних і флорокомплексів, що охороняються, а також рослин, що перебувають під державною і міжнародною охороною.

Наводяться дані про вплив на стан флори й фауни змін клімату, водного режиму, ґрунтового покриву в розрізі року, в тому числі з урахуванням антропогенних чинників.

Дається характеристика наявних об'єктів природно-заповідного фонду й перспективних територій, що резервуються з цією метою.

**Ґрунти.** Характер і закономірності чергування на земній поверхні ареалів певних ґрунтів обумовлений просторовою мінливістю чинників ґрунтоутворення.

У Бореальному помірно холодному поясі Євразії континентальний сектор представлений Європейсько-Західносибірською і Далекосхідною тайгово-лісовими областями, в першій виділяються субширотні зони: Північнотайгова з глеєво-підзолистими ґрунтами, Середньотайгова з підзолистими ґрунтами, Південнотайгова з дерново-підзолистими ґрунтами, а екстраконтинентальний сектор – Східносибірською мерзотно-тайговою областю з мерзотно-тайговими й палевими мерзлотними ґрунтами.

У Суббореальному помірному поясі океанічні сектори представлені буроземно-лісовими областями: Західноєвропейською (в Україні – Карпатська) і Маньчжурсько-японською (у Росії – Амурсько-усурійська). У континентальному секторі виділяються Центральна лісостепова і степова області з трьома зонами: Лісостеповою (сірі лісові, чорноземи типові й опідзолені), Степовою з чорноземами звичайними і південними, Сухостеповою з каштановими ґрунтами. Північніше, в приокеанічно-континентальному секторі, розташована Східноєвропейська змішано-лісова область дерново-палево-підзолистих ґрунтів. На південному сході, в екстраконтинентальному секторі розташована напівпустинно-пустинна область з трьома зонами: бурих напівпустинних, сіро-бурих пустинних і передгорно-напівпустинних малокарбонатних сіроземів.

Найбільш цінним вважається чорноземний ґрунтовий покрив Лісостепової і Степової зон. Він представлений переважно зональними чорноземними, напівгідроморфними лугово-чорноземними й гідроморфними чорноземно-луговими ґрунтами. Запас гумусу в названих ґрунтах коливається в межах 400–600 т/га, а їх бонітувальний бал складає 80–100. У річкових долинах розташовуються інтразональні алювіальні (заплавні) лугові, лугово-болотяні й болотяні ґрунти.

Дерново-підзолисті ґрунти південної тайги й підтайгової змішано-лісової області менш родючі. Особливо бідні вони в поліссях з переважно піщаним і супіщаним гранулометричним складом. Проте в макроструктурах ґрунтового покриву полісь заплави та інші пониження зайняті найзагумусованішими й потенційно найбільш родючими в даній зоні гідроморфними ґрунтами, а на незатоплених вододілах залишаються малородючі піщані, дерново-підзолисті й дернові малопотужні ґрунти, що погано піддаються окультуренню.

Дається оцінка ґрунтів і ґрунтового покриву в межах ложа майбутнього водосховища й зони його впливу (у тому числі в нижньому б'єфі), включаючи:

- площу, склад і якість ґрунтів з виділенням родючих і малородючих ґрунтів;

- основні властивості ґрунтів: товщину загумусованого шару, гранулометричний і хімічний склад ґрунту, характеристику органічних і мінеральних речовин, циркулюючих у ґрунті газів, води, режиму ґрунтових вод тощо;

- цінність ґрунтів, залежну від природної зони, родючості ґрунту й значною мірою від господарської освоєності та заселеності території.

## 9.4 Рекреаційні умови

Річки та їх берегові зони широко використовуються в рекреаційних цілях.

Дається оцінка придатності узбережжя і річки в природних умовах для відпочинку населення, враховуючи кліматичні, ландшафтні, гідрологічні, санітарно-гігієнічні умови, а також наводиться характеристика наявних рекреаційних зон, включаючи пляжі, гідропарки, пансіонати, турбази, розвиток водних видів спорту, любительського рибальства. Наводяться дані про кількість відпочивальників у різні періоди року, про розвиток різних видів відпочинку.

Особлива увага приділяється аналізу відповідності реальних умов, показників якості води гігієнічним вимогам норм, що пред'являються до зон рекреації водних об'єктів.

Оцінюється вплив рекреаційного навантаження на навколишнє середовище.

Наводяться дані про археологічні, історичні, культурні й природні пам'ятники, включаючи елементи ландшафту, що охороняються, їх характеристики і значення (регіональне, національне, світове), заходи щодо їх

охорони.

Даються аналіз історії розвитку території і формування населення в межах проєктованого водосховища й прибережної зони, прогноз наявності пам'яток археології, що знаходяться в латентному стані.

Під час оцінювання впливу екстремальних ситуацій наводиться характеристика максимальних паводків (що наблюдалися, та розрахункових), посушливих маловодних років (що наблюдалися, та розрахункових) і їх наслідків для навколишнього середовища.

Техногенні аварії, у тому числі викликані проривом відстійників промислових, гірничодобувних підприємств тощо, розташованих у межах басейнів річок, представляють серйозну загрозу навколишньому середовищу. Наводяться дані про промислові та інші підприємства в басейні річки, аварії на яких можуть привести до катастрофічних наслідків.

Дається характеристика сучасного стану промисловості, сільського господарства, населених пунктів, розвитку інфраструктури в зоні впливу проєктованого гідроенергетичного об'єкта, включаючи інформацію про рівень технологічних процесів, номенклатуру, об'єми вироблюваної продукції. Наводяться дані про шкідливі викиди, стоки підприємств, їх очисні споруди, вплив на екологічну обстановку.

Наводяться оцінка соціально-економічної ситуації, характеристика населення в зоні впливу гідроенергетичного об'єкта й умов його проживання, включаючи дані про вікову структуру, чисельність, основне заняття, культурні традиції, а також соціальні раритети (конфесійні святині, місця, пов'язані з традиціями племені, малих народностей тощо).

Дається оцінка соціально-побутових умов, рівня благоустрою населених пунктів, житла, наявності централізованого водопостачання і каналізації, шкіл, лікарень, зон відпочинку, дорожньо-транспортних мереж, електропостачання.

Наводиться оцінка екологічної ситуації в регіоні у взаємозв'язку з умовами життя, станом здоров'я і рівнем захворюваності населення.

Оцінюються вплив водогосподарської обстановки, паводків, електропостачання на соціально-екологічні умови й виробничу діяльність населення, потреби й основні пріоритети населення, а також громадська думка щодо будівництва гідроенергетичного об'єкта.

### **Контрольні питання**

- 1 Гідрологічні умови й водні ресурси.
- 2 Кліматичні умови.
- 3 Геологічне середовище.
- 4 Рекреаційні умови.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

- 1 Гидроэнергетика и окружающая среда / Под общ. ред. Ю. Ландау, Л. Сиренко: Монография. – К.: Либра, 2004. – 484 с.
- 2 Векслер Ф.Б., Ивашинцов Д.А., Стефанишин Д.В. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений. – СПб.: Изд-во “ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева”, 2002. – 592 с.
- 3 Вайнберг А.И. Надежность и безопасность гидротехнических сооружений. Избранные проблемы – Харьков: Издательство “Тяжпромавтоматика”, 2008. – 304 с.
- 4 Л.Н. Рассказов, В.Г. Орехов, и др. Гидротехнические сооружения. Часть 1. Учебник для вузов. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 575 с.
- 5 Л.Н. Рассказов, В.Г. Орехов, и др. Гидротехнические сооружения. Часть 2. Учебник для вузов. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 590 с.
- 6 Бабурин Б.А. и др. Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов СССР / Под ред. П.С. Непорожного. – М: Энергоатомиздат, 1982. – 559 с.
- 7 ДБН В.2.4-8:2014. Визначення розрахункових гідрологічних характеристик [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://cons.parus.ua/map/doc/097G6F9552/Pro-zatverdzhennya-DBN-V2482014-Viznachennya-rozrakhunkovikh-gidrologichnikh-kharakteristik.html>
- 8 ДБН А.2.2-1-2003 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд». [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://proxima.com.ua/dbn/articles.php?clause=6> .
- 9 ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво». [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://profidom.com.ua/a-2/a-2-2/15508-dbn-a-2-2-3-2014-sklad-ta-zmist-proektnoji-dokumentatsiji-na-budivnitstvo> .

## ЗМІСТ

Тема 1 ВОДНІ РЕСУРСИ ТА ЇХ ОХОРОНА .....	4
1.1 Використання водних і гідроенергетичних ресурсів .....	4
1.2 Гідроелектростанції .....	7
1.3 Малі ГЕС .....	9
1.4 Основне гідросилове устаткування ГЕС .....	10
1.5 Основні енергетичні параметри ГЕС .....	10
Тема 2 ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ .....	12
2.1 Загальні відомості .....	12
2.2 Графіки електричних навантажень енергосистем .....	13
2.3 Гідроакумулюючі електростанції (ГАЕС) .....	14
2.4 Основне гідросилове обладнання .....	19
2.5 Основні енергетичні параметри ГАЕС. Натиски ГАЕС .....	19
Тема 3 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ .....	21
3.1 Основні водокористувачі та водоспоживачі .....	21
3.2 Особливості комплексного використання водних ресурсів .....	27
Тема 4 КАСКАДИ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ І ВОДОСХОВИЩ. ТЕРИТОРІАЛЬНО-ВИРОБНИЧІ КОМПЛЕКСИ Й НЕРГОКОМПЛЕКСИ.	30
4.1 Дніпровський каскад (Україна) .....	30
4.2 Волзько-Камський каскад (Росія) .....	31
4.3 Каскад на річці Теннесі (США) .....	32
Тема 5 ВПЛИВ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ .....	35
5.1 Позитивні чинники .....	35
5.2 Негативні й неоднозначні чинники .....	36
5.3 Вплив альтернативних джерел (ТЕС) на навколишнє середовище .....	47
Тема 6 РІЧКОВИЙ СТІК І ВОДОСХОВИЩА .....	52
6.1 Основні характеристики річкового стоку .....	52
6.2 Типи регулювання річкового стоку .....	54
6.3 Водний баланс .....	56
Тема 7 ЕКОЛОГІЧНА ПОЛІТИКА ДЕРЖАВИ .....	58
7.1 Загальний стан .....	58
7.2 Законодавчі й нормативні вимоги щодо охорони навколишнього середовища .....	59
7.3 Екологічна експертиза .....	61
Тема 8 ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ. ....	63
8.1 Загальний стан .....	63
8.2 Схема використання гідроенергетичних ресурсів річки .....	65
8.3 Техніко-економічне обґрунтування .....	66
8.4 Проект і робоча документація .....	67
8.5 Розділ щодо оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) в проектних матеріалах .....	68

Тема 9 ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА РАЙОНУ РОЗМІЩЕННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБ'ЄКТА .....	71
9.1 Гідрологічні умови й водні ресурси .....	71
9.2 Кліматичні умови .....	74
9.3 Геологічне середовище .....	74
9.4 Рекреаційні умови .....	80
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ .....	82

**Навчальне видання**

**ПАЛЬЧЕНКО Олег Леонідович**

**ВОДНІ РЕСУРСИ ТА ЇХ ОХОРОНА**

**Тексти лекцій**

для здобувачів вищої освіти  
спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія  
та водні технології»  
другого (магістерського) рівня

Відповідальний за випуск О.В.Самородов

Роботу до видання рекомендував О.І. Савченко

Редактор В.І. Пуцик

План 2021 р., поз. 23

Підп. до друку 02.02.2021. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.

Riso-друк. Гарнітура Times New Roman. Ум.-друк. арк. 5,7

Тираж 50 прим. Зам. № 6511. Безкоштовно.

---

**ХНУБА, 61002, Харків, вул. Сумська, 40**

Підготовлено та надруковано РВВ Харківського національного  
університету будівництва та архітектури