



ЯЦИК А.В., академік НАН України, докт. техн. наук., професор, Український науково-дослідний інститут водогосподарсько-екологічних проблем

ЕКОЛОГО-ГІДРОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗВИТКУ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ МАЛИХ ГЕС В УКРАЇНІ (НА ПРИКЛАДІ р. ПІВДЕННИЙ БУГ)

(Доклад на 24-ой Международной научно-технической конференции
"Основные направления обновления Энергетической стратегии до 2030 г." 21 сентября 2012 г. м. Київ)

Постановка питання. На сьогодні, одним із шляхів вирішення енергетичної проблеми в Україні є розвиток альтернативної нетрадиційної енергетики на основі використання відновлюваних екологічно чистих джерел енергії. Причинами цього є очікуване вичерпання запасів органічних видів палива, різке зростання їх ціни, недосконалість та низька ефективність технологій використання, збільшення витрат на підтримання безпеки атомних електростанцій, труднощі із забезпеченням паливом ГЕС, а також шкідливий вплив на довкілля. Одним з найперспективніших серед відновлюваних джерел енергії у світі є мала гідроенергетика, перспективи розвитку якої і є предметом даного дослідження.

Мета дослідження — обґрунтування доцільності розвитку та реконструкції (зміни рівневого режиму водосховищ) малої гідроенергетики, дослідження очікуваного екологічного, економічного та соціального ефекту від розвитку галузі.

На сьогодні тільки цей вид відновлювальних джерел енергії є технологічно освоєним способом виробництва електрики. Відсутність паливної складової при отриманні електроенергії дає позитивний як економічний так і екологічний ефект. Малі гідроелектростанції ГЕС дозволяють зберегти природний ландшафт, навколишнє середовище не тільки на етапі експлуатації, але й в процесі будівництва. При їх експлуатації відсутній негативний вплив на якість води. Вона не втрачає початкових природних якостей і може використовуватися для водопостачання населення. Незаперечною перевагою малих ГЕС є їх стійка, стабільна робота в електромережі. Переваги малої гідроенергетики також в тому, що:

- вона може замінювати дефіцитне органічне паливо;
- проста й надійна у виробництві екологічно чистої електроенергії;

- відновлює енергоресурс;
- близька до споживачів;
- має відносно невеликі терміни будівництва [1, 2, 3].

Аналіз останніх досліджень. Розвиток малої гідроенергетики в Україні почався у 20-ті роки ХХ століття; було збудовано і працювало 84 МГЕС загальною потужністю 4 тис. кВт. У післявоєнні роки в Україні було побудовано 170 малих гідроелектростанцій загальною потужністю 98,1 МВт. У 70–90-х роках настав загальний занепад малої гідроенергетики. Це пов'язано передусім із розвитком атомної та теплової енергетики. Малі ГЕС було визнано неперспективними, їх проектування і будівництво припинили. Коли виникла проблема подорожчання енергоносіїв, забруднення навколишнього середовища суспільство знову повертається до малої гідроенергетики.

На сьогодні гідротехнічні споруди недіючих малих ГЕС в основному перебувають у задовільному стані і після незначного ремонту та реконструкції можуть бути використані для відбудови ГЕС. В останнє десятиріччя були здійснені роботи з відновлення і реконструкції окремих малих ГЕС у Вінницькій, Івано-Франківській, Львівській, Тернопільській, Хмельницькій, Черкаській та Чернівецькій областях [1].

Об'єктом досліджень були Брацлавське, Сутиське та Чернятське водосховища малих ГЕС, які розміщені в середній частині р. Південний Буг у межах Вінницької області.

Методика досліджень. На підготовчому етапі було зібрано, проаналізовано та систематизовано низку літературних та архівних джерел, які відображають результати різнобічних досліджень, що проводилися в межах водосховищ гідроенергетичного призначення на р. Південний Буг — від найдавніших до сучасних, а саме інформацію щодо: фізико-географічних, кліматичних, гідрографічних, структурно-геологічних, геомор-

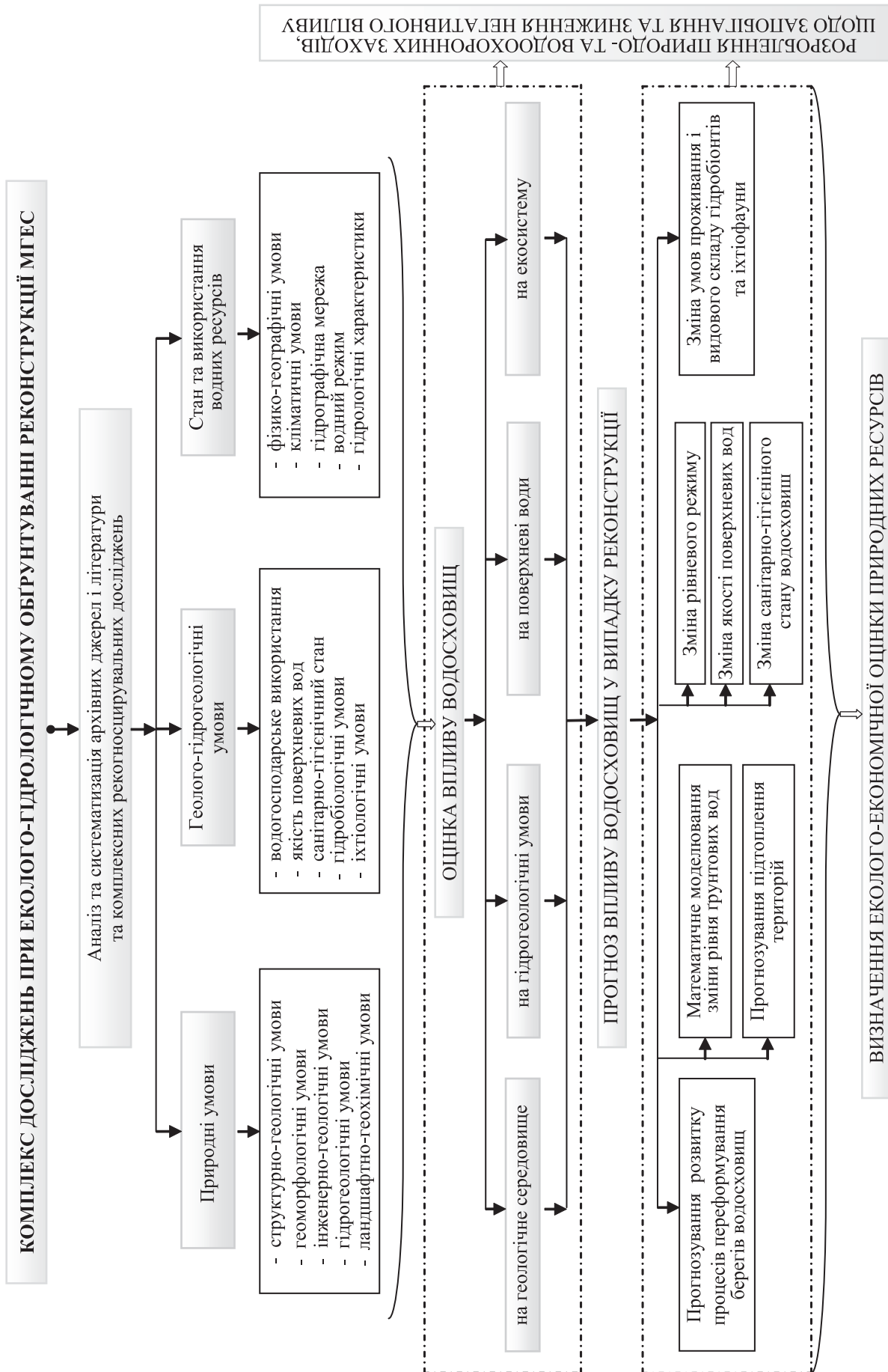


Рис. 1. Схема комплексу еколого-гідрологічних досліджень при обрентуванні реконструкції МГЕС

фологічних, гідрогеологічних, ландшафтно-геохімічних умов території дослідження; інженерно-геологічних умов та факторів їх прояву у прибережній зоні; якості поверхневих вод; санітарно-гігієнічного стану водосховищ; умов проживання і видового складу гідробіонтів та їхтїофауни у водосховищах. Вихідну інформацію було систематизовано, структуризовано та сформовано у відповідні бази даних за напрямом досліджень. Після цього було здійснено оцінювання та прогнозування екологічного стану водосховищ та їх впливу у випадку реконструкції (підвищення рівня води у водосховищах), зокрема на геологічне середовище, гідрогеологічні умови, поверхневі води та екосистему водосховищ, а також визначено еколого-економічну оцінку природних ресурсів та запропоновано ряд природоохоронних заходів щодо запобігання та зниження негативного впливу (Рис. 1).

Нами було обґрунтовано підходи щодо вибору репрезентативних ділянок переробки та підтоплення берегів водосховищ і проведення на них рекогносцирувальних і комплексних досліджень. Це дало змогу визначити пріоритетні напрями вивчення екологічного і гідрологічного режиму водосховищ і методи досягнення основної мети досліджень.

Для дослідження використано дані багаторічних стаціонарних спостережень Державної гідрометеорологічної служби України, проектні матеріали інституту Гідропроєкт імені С.Я. Жука

(починаючи з 1930 р.), карти Державної геологічної служби, систематизовані результати спостережень Міністерства екології та природних ресурсів України; Державної агенції водних ресурсів, Міністерства охорони здоров'я України, матеріали досліджень Українського науково-дослідного інституту водогосподарсько-екологічних проблем, архівні матеріали Вінницької облдержрибінспекції, Державного управління екології та природних ресурсів у Вінницькій області та Південно-Бузького басейнового управління водних ресурсів.

Результати досліджень опрацьовані за допомогою стандартних комп'ютерних програм пакету Microsoft Office. Операції з обчислення розрахункових формул автоматизовані із застосуванням функцій програмного пакету MS Excel. При складанні картографічних матеріалів використано геоінформаційну систему "Mapinfo Professional 6.5".

Результати досліджень. Комплексні дослідження здійснювались на середній ділянці р. Південний Буг на відрізку від м.Вінниця (583,5 км від гирла) до с. Маньківка (346 км від гирла). Згідно фізико-географічного районуванням України, досліджена територія належить до Подільської та Придніпровської височинної області лісостепової зони. Поверхня її рельєфу нахилена на південний схід, для якої характерна помірна вертикальна розчленованість рельєфу (20–40 м).

Таблиця 1. Основні параметри Сутиського, Брацлавського та Чернятського водосховищ [4]

Показники		Одиниці виміру	Водосховища			
			Сутиське	Брацлавське	Чернятське	
Рівні (горизонти)	НПР	м	228,1	188,55	137,5	
	РМО	м	224,1	185,50	134,0	
	ФПР (0,1%)	м	230,0	190,95	140,75	
	рівень спрацювання водосховища	м	227,5	188,5	137,2	
Об'єм	повний	млн.м ³	8,51	3,30	3,30	
	корисний	млн.м ³	1,81	0,22	3,0	
Морфометричні показники	відстань від гирла річки		м	538	458	346
	довжина водосховищ		км	30	16	10
	ширина	максимальна	км	0,17	0,21	0,2
		середня	км	0,12	0,18	0,14
	глибина	максимальна	м	6,20	4,50	6,25
		середня	м	2,30	3,10	2,30
площа водного дзеркала при НПР		км ²	3,77	1,10	1,40	



Інженерно-геологічні умови території мають досить однорідний характер і сталість водно-фізичних та фізико-механічних показників, що обумовлює повільний прояв обмеженої кількості екзогенних геологічних процесів. У геоструктурному плані територія об'єкту дослідження розташована у південно-західній частині Українського кристалічного щита і частково на його схилі у бік Причорноморської западини, а у геоморфологічному – у межах Придніпровської височини.

Аналіз геоморфологічних умов, структурно-геологічної будови та розвитку гідрографічної мережі в межах території дослідження свідчить про активний розвиток яружно-балкової мережі та значну глибину врізу річкових долин, у тому числі до кристалічних порід. Внаслідок цього, у місцях розкриття скельних порід, долини р. Південний Буг та його приток мають каньйоноподібний характер, що є сприятливим фактором під час спорудження водосховищ [5].

Особливості господарської діяльності пов'язані з розвитком галузі переробки сільгосппродукції, а також легкої і гірничодобувної галузей народного господарства. Основними промисловими підприємствами є цукрові і спиртові заводи.

Оцінка гідрологічного режиму р.Південний Буг включала характеристику:

- водного, рівневого, льодового режимів;
- річного стоку;
- запасів водних ресурсів;
- максимальні та мінімальні витрати води;
- внутрірічний розподіл стоку [4].

Визначено, що значний вплив на рівневий режим у період межені р. Південний Буг завдає робота водосховищ з добовим регулюванням, призначених для потреб гідроенергетики.

За адміністративним розподілом Брацлавське водосховище знаходиться у Немирівському районі; Сутиське – Тиврівському, Жмеринському та Вінницькому; Чернятське – Бершадському. Основні параметри водосховищ наведено в Табл. 1.

Ефективність екологічного водогосподарського використання водних ресурсів р.Південний Буг визначалася за такими показниками:

- антропогенне навантаження водокористування на водні ресурси (безповоротний забір во-

ди та скид забруднених стічних вод);

- екологічний стан водної екосистеми (якість поверхневих вод).

Основними чинниками, що впливають на кількісні та якісні показники водних ресурсів р. Південний Буг (у межах об'єкту дослідження) є забори води та скиди промислових і господарсько-побутових стічних вод різної категорії якості. З точки зору галузевої структури основними водокористувачами в частині басейну р.Південний Буг, який досліджується є промисловість (39%), житлово-комунальне (33%) та сільське (27%) господарство, зрошення (1%). В адміністративно-територіальному відношенні значний забір води здійснюється заводами Автоелектроапаратури (смт. Сутиски), Спецзалізобетону, Підшипниковим, Шинноремонтним (смт Гнівань), водоканалами Гнівань і "Авис" (м.Вінниця), та ВАТ "Гніванський кар'єр" [6].

Для аналізу впливу водокористування на р. Південний Буг виконано екологічну оцінку якості поверхневих вод у межах трьох блоків: блока сольового складу, блока трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників, блока показників вмісту специфічних речовин токсичної дії [7]. За розрахункові прийнято 21 пункт гідроекологічних спостережень, розташованих за течією, а саме для Брацлавського та Сутиського водосховищ прийнято по 8 пунктах спостережень, Чернятського – 5. Узагальнену оцінку якості води проведено за наявними показниками окремих блоків окремо для верхньої, середньої та нижньої ділянок кожного із водосховищ, а також для кожного водосховища в цілому та окремо для їх приток за найгіршими та середніми значеннями блокових індексів. В результаті, стан водних екосистем характеризується як "добрий" у 48% випадків; "перехідний" (випадіння окремих видів, монотипізація) – у 19% випадків; "задовільний" (порушення зв'язків екосистеми) – у 33% випадків [8].

Значно впливають на якість води у водосховищах припливні води, що надходять в р.Південний Буг з приток, а саме: рр. Ров і Баран; Шпиківка; Сура і Удич, які складають боковий приплив води відповідно до Сутиського, Брацлавського і Чернятського водосховищ. Згідно [9] нами була виконана оцінка комплексного стану басейнів даних річок, яка засвідчила, що загальний екологічний стан цих річок "поганий". Його обу-

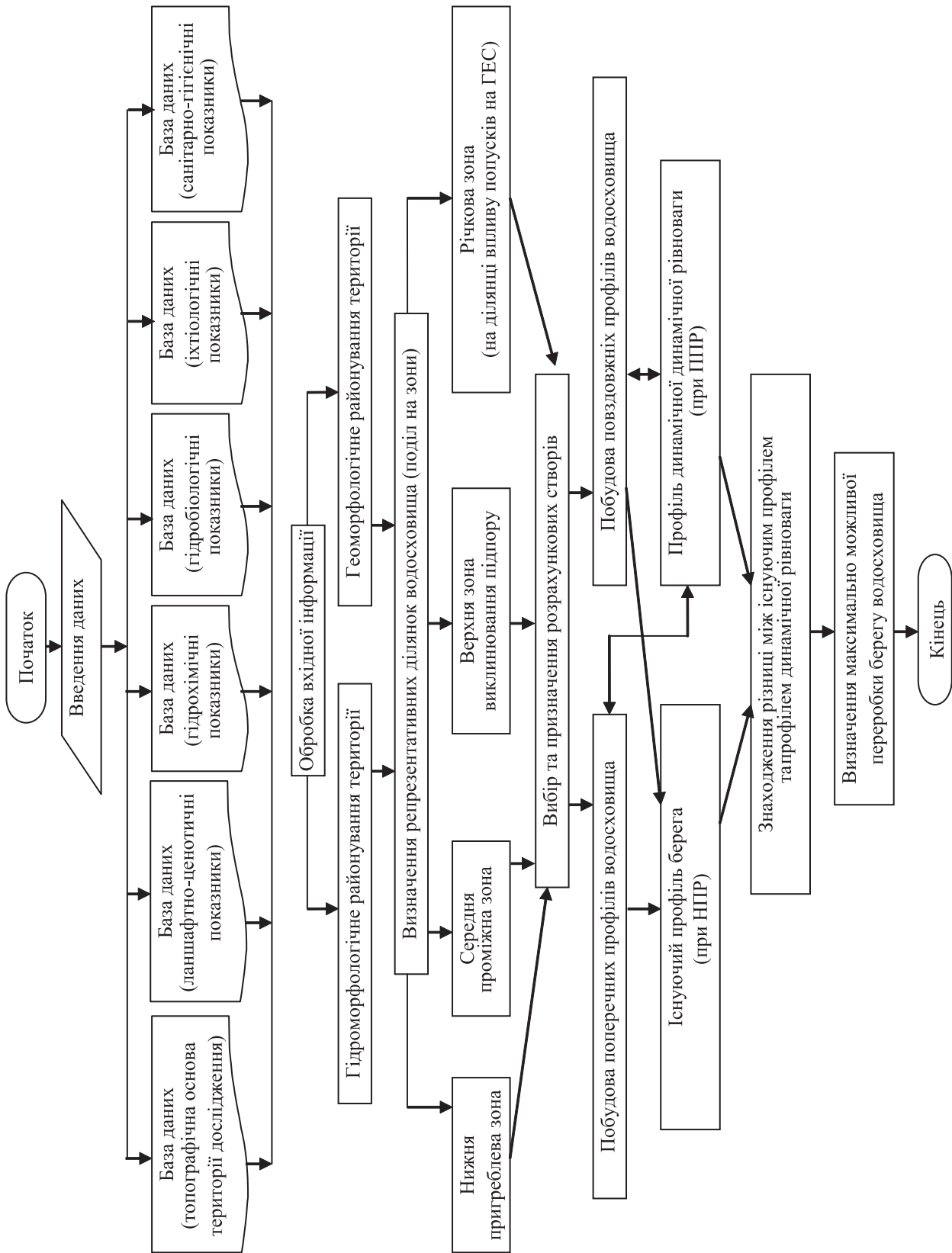


Рис. 2. Алгоритм прогнозування переробування берегів водосховища

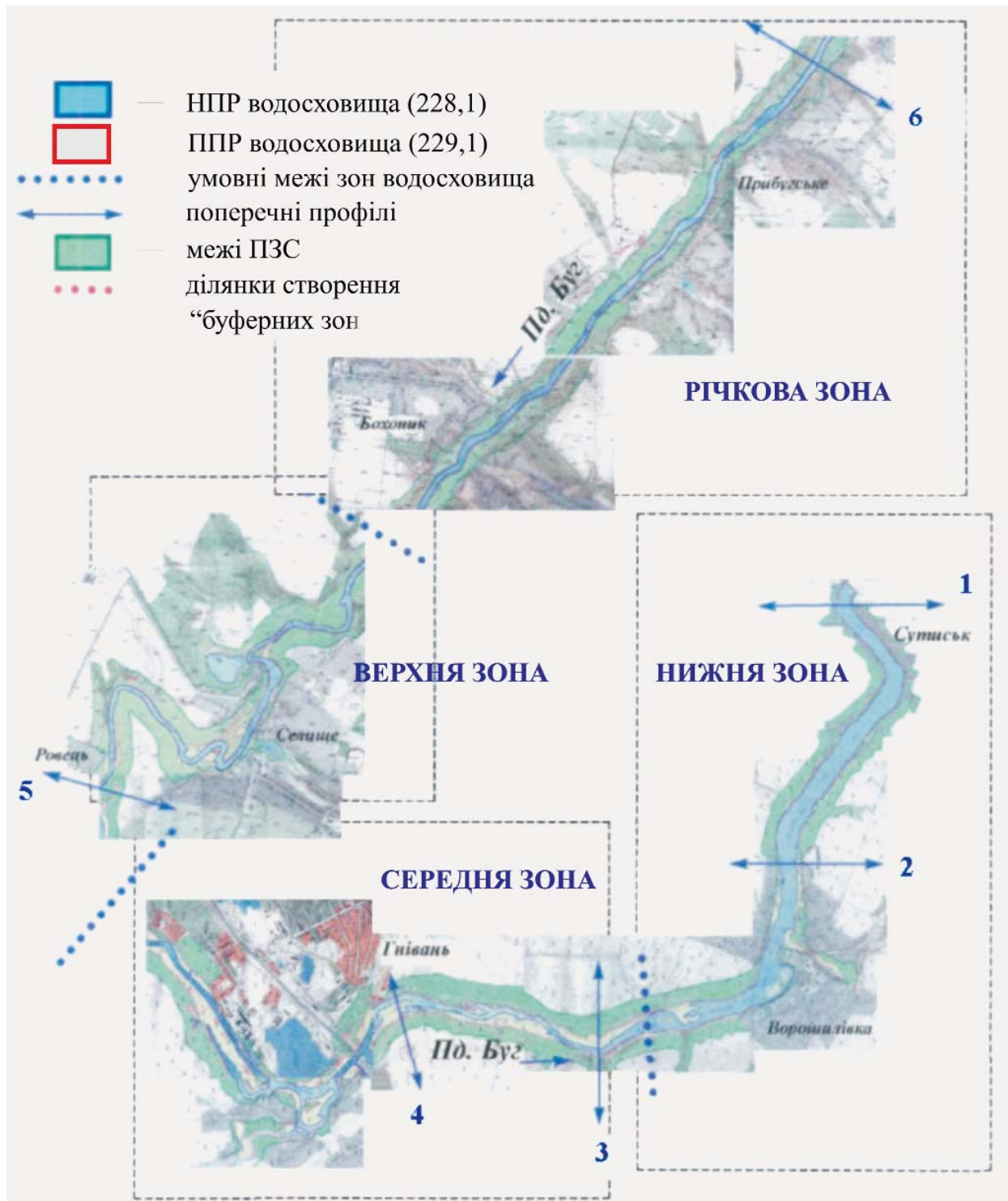


Рис. 3. Схема репрезентативних ділянок переформування берегів Сутиського водосховища

мовили "задовільний", а в басейні р. Удич "катастрофічний", стан використання земельних ресурсів і "поганий" стан якості води. Це пояснюється тим, що у зазначених басейнах різко порушена екологічна збалансованість ландшафтів: розораність становить 68–80 %; нижче норми лісистість, еродовано від 10 до 30 % площі водозбору; вода забруднена органічними речовинами.

За результатами санітарно-гігієнічної якості води можна констатувати, що вода Сутиського

водосховища за санітарно-хімічними показниками якості поверхневих джерел водопостачання відноситься до 2 класу, Брацлавського та Чернятського – до 1–2 класу. За мікробіологічними показниками вода Брацлавського водосховища відповідає 2 класу, а Сутиського та Чернятського – 2–3 класу [10].

Оцінка екологічного стану водосховищ за гідробіологічними показниками включала наступні блоки:

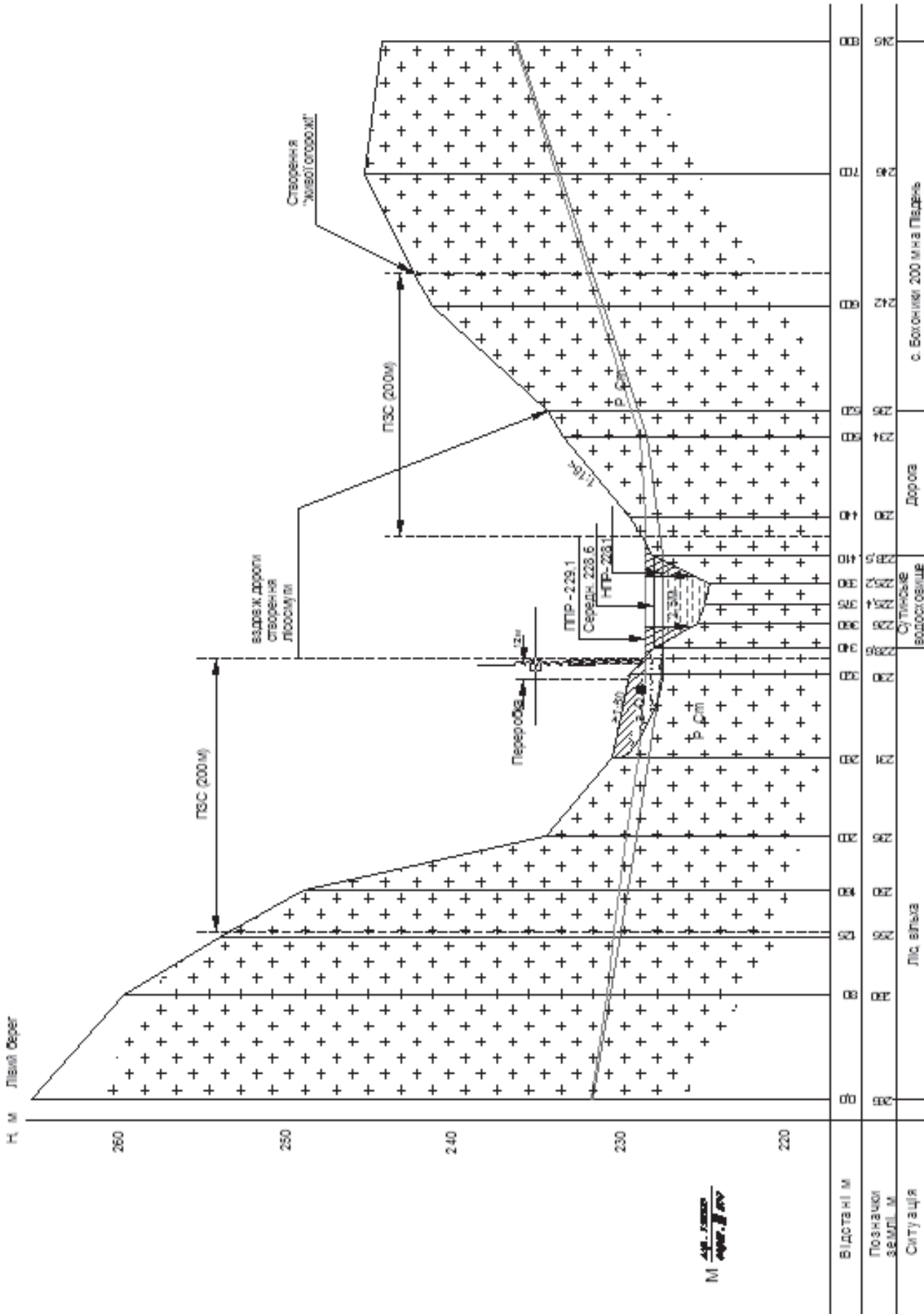


Рис. 4. Поперечний профіль № 6 Сутиського водосховища за 28,20 км вище греблі Сутиської ГЕС



- гідробіологічна оцінка за такими показниками: видовий склад, чисельність, біомаса, розподілення гідробіонтів;

- встановлення взаємозв'язку між розвитком гідробіонтів (фітопланктон, зоопланктон, зообентос, вищі водянні рослини, фітофіли) і якістю води;

- оцінка рибопродуктивності водосховищ [11].

В цілому техногенне, у тому числі водно-екологічне навантаження на територію дослідження є помірним, що дозволяє створювати екологічно збалансовані об'єкти.

Найбільш вагомим результатом проведеного орієнтовного прогнозу впливу водосховищ, які досліджуються, у випадку їх реконструкції за рахунок підвищення нормального підпірного рівня (НПР) до проектного підпірного рівня (ППР) є прогнозування розвитку процесів переформування берегів водосховищ та прогнозування підтоплення територій.

Прогнозування переробки берегів проведено переважно шляхом натурної аналогії на репрезентативних інженерно-геологічних ділянках з подальшим узагальненням отриманих результатів для всього водосховища. Для цього було здійснено гідроморфологічне та геодинамічне районування акваторій водосховища (поділ на зони); а також вибрано репрезентативні ділянки переробки берегів: нижня пригреблева, середня проміжна, верхня вклинювання підпору, та річкова на ділянці впливу попусків на ГЕС. У межах кожної із ділянок були призначено репрезентативні створи (Сутиське водосховище – 6, Брацлавське – 3, Чернятське – 4 створи). Кожна з цих ділянок характеризується поперечним профілем, що перетинає річкову долину р. Південний Буг до меж розвитку прибережних відведених форм (зони активного дренажного впливу ріки).

Розрахунок переробки берегів здійснювався на завершальній стадії динамічної рівноваги, коли переробка берегів припиняється. Алгоритм за яким проводилося прогнозування переформування берегів водосховищ наведено на Рис. 2.

Методика прогнозування переформування берегів водосховищ полягала в тому, що у межах останнього репрезентативного створу кожного водосховища вибрано розрахунковий румб (за 16-ти румбовою схемою вітрів) так, щоб за максимально можливою довжиною він проходив через найбільші глибини. Розрахункова швидкість вітру приймалась рівномірною на всіх напрямках

і такою, що становить 12 м/с (1% забезпеченості у системі). Для цього за довжиною розгону, швидкістю вітру та середньою глибиною на розрахунковому румбі, визначалися середня та 1%-ва забезпеченість висоти хвилі, глибина розмиваючої дії хвиль та коефіцієнти нахилу підводної та надводної частин майбутнього берегового схилу. За отриманими даними на розрахунковому профілі вибудовувався профіль динамічної рівноваги берега. За різницею між існуючим профілем берега і профілем динамічної рівноваги при ППР визначалась максимально можлива переробка берегів [5].

Для картографічного відображення умов та факторів переробки берегів Сутиського, Брацлавського й Чернятського водосховищ побудовано картосхеми репрезентативних ділянок, а також їх повздовжні та поперечні профілі, на які внесено доповнення (червоним кольором) очікувані зміни НПР й експлуатаційного режиму [12]. Як приклад наведено Рис. 3, Рис. 4.

Визначено, що провідними факторами переформування берегів р.Південний Буг є ерозійно-аккумулятивні процеси у руслі річки та гравітаційно-денудаційні процеси на прилеглих до русла схилах заплави і терас річки та на схилах плато. У затоках і на плесах проявлятимуться процеси заболочення, заростання, замулення дна та берегів.

Основним фактором прогнозних змін екологічного стану навколишнього природного середовища, в першу чергу – геологічного середовища, буде техногенне порушення режиму рівнів поверхневих і підземних вод внаслідок додаткового підпору водосховищ, які досліджуються. Однією зі складових частин екологічного обґрунтування можливості підйому рівня води у водосховищах є вивчення впливу підпору на просторово-часові зміни рівня ґрунтових вод у зонах впливу водосховищ.

У дослідженні величину додаткового підпору водосховищ прийнято $H = 1,0$ м, яка практично співпадає з величиною повеневого середньобагаторічного підйому рівнів ґрунтових вод у даних водосховищах. Цим самим вплив додаткового підйому рівнів поверхневих і ґрунтових вод практично співпадає з зонами прояву їх природних тимчасових режимних коливань, що суттєво зменшує екологічний вплив нової структури водосховищ на еколого-геологічний стан прибереж-



ного породного масиву.

Під час моделювання рівня ґрунтових вод (РГВ) у зонах впливу водосховищ було використано математичну модель гідравлічної теорії фільтрації у неоднорідному пласті. Для реалізації алгоритму чисельного розв'язання розроблено програму для персонального комп'ютера. Розрахунки здійснено за існуючого рівня води у водосховищах до стабілізації РГВ і цей рівень прийнято як існуючий розрахунковий. Потім рівень води у водосховищі збільшувався на 1,0 м і розрахунки виконувались за підвищеного рівня знову до стабілізації РГВ, який прийнято за прогнозний. Результати розрахунків РГВ, а також глибин РГВ (тобто різниці між позначками поверхні землі та РГВ) на базі комп'ютерної моделі за існуючих рівнів води у водосховищах (НПР), а також за підвищених рівнів (ППР) здійснено для кожного із водосховищ для вибраних репрезентативних розрізів.

Аналіз результатів чисельного моделювання глибин рівня ґрунтових вод (РГВ) здійснено із застосуванням різних критеріїв екологічної оцінки водно-фізичного стану територій. Теперішні й прогнозовані площі підтоплення обчислено для чотирьох граничних глибин залягання РГВ, а саме 1,0 м для вологолюбних культурних рослин; 1,5 м – для сільськогосподарських рослин; 2,0 м – у межах сільських населених пунктів; 2,5 м – для міських територій. У розрахунках було використано довжини зон підтоплення у кожному з розрізів до та після зміни рівня води в усіх трьох водосховищах, а також відстані згадуваних розрізів до греблі. Таким чином повна довжина області моделювання на Сутиському водосховищі становила 28,2 км, на Брацлавському – 9,17 км, на Чернятському – 9,5 км.

Основним результатом моделювання підтоплення території слід вважати дані про збільшення загальної площі підтоплення внаслідок збільшення рівня води у водосховищах, які визначено для кожного берега, та для обох берегів разом. Також обчислено середні показники збільшення довжини зони підтоплення.

В результаті математичного моделювання РГВ встановлено, що підвищення рівня води в Сутиському, Брацлавському та Чернятському водосховищах (на 1,0 м) на ділянках з крутими берегами не призведе до відчутного впливу на режим ґрунтових вод в берегах водосховища, який

може бути відчутний на відстані до 100 м від берегів водосховищ. На заплавах ділянках територій цей вплив більш помітний і розповсюджується на 300–400 м, причому в цьому випадку картина впливу на глибину ґрунтових вод більш строката, що обумовлено близьким заляганням РГВ та мікронерівностями територій, де підвищені ділянки межують з пониженими. При підйомі рівня води в водосховищах частина заплавної земель перейде з категорії підтоплених в категорію затоплених.

Після розрахунків проведено еколого-економічну оцінку природних ресурсів, яка включала характеристику:

- змін у функціях вищої водної рослинності;
- змін рибпромислових ресурсів;
- змін кормових організмів для іхтіофауни;
- збитків від втрати продукції лугової рослинності внаслідок зменшення їх площ.

Визначено, що загальний приріст вартісної оцінки природних ресурсів у Брацлавському, Сутиському та Чернятському водосховищах становитиме 9598,05 тис.грн, а з урахуванням збитків – 8636,65 тис. грн.

Для зменшення рівня екологічного ризику у випадку реконструкції малих ГЕС передбачено здійснити ряд природо- та водоохоронних організаційних заходів, щодо запобігання та зниження негативного впливу, а саме:

- для захисту берегів, а також закріплення берегів там, де до зони розмиву виходять населені пункти та господарські об'єкти, які недоцільно переселяти чи переносити необхідно здійснити залуження і створення лісонасаджень на прибережних захисних смугах водосховищ;
- для запобігання впливу шкідливої дії вод визначити водоохоронні зони та прибережні захисні смуги;
- для забезпечення сприятливих умов природного відтворення популяції цінних фітофілних риб здійснити меліорацію їх теперішніх і майбутніх нерестовищ на мілководдях водосховищ;
- для боротьби з надмірним розвитком фітопланктону та повітряно-водних рослин, а також для збереження видового різноманіття іхтіофауни р.Південний Буг передбачити зариблення водосховищ рослиноідними рибами та ін.

Висновок.

Отже, вивчення літературних і фондівих ма-



теріалів, аналіз результатів досліджень на водосховищах і визначених репрезентативних ділянок переробки та підтоплення берегів, а також прогнозна оцінка розвитку цих процесів і зміни екологічних умов водосховищ у разі підвищення їх рівнів та рівнів ґрунтових вод дозволили зробити висновок про можливість збільшення ємності Сутиського, Брацлавського та Чернятського водосховищ за умови дотримання вимог екологічної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яцик А.В., Стичаковська Т. О. Мала гідроенергетика України: стан, соціально-економічні аспекти розвитку, вплив на природне середовище // Водне господарство. — 2008. — № 6. — С. 11–15.
2. Стичаковська Т. О. Потенційні можливості розвитку малої гідроенергетики в Україні / Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні: Матеріали п'ятої міжнародної науково-практичної конференції. Львів. 2–3 квітня 2009 р. Зб. наук. статей. — Львів, ЛьВЦНТІ, 2009. — С. 276–279.
3. Шевченко В.І., Півень Л.З. Енергетика України: Який шлях обрати, щоб вижити? (незалежне дослідження електроенергетики) — К.: Просвіта, 1999. — 186 с.
4. Басюк Т. О. Гідрологічний режим водосховищ гідроенергетичного призначення на р. Південний Буг. Вісник національного університету водного господарства та природокористування. Збірник наукових праць. Частина 1. Випуск 3 (47). Рівне 2009. — С. 243–250.
5. Яцик А. В., Томільцева А.І., Басюк Т.О. Оцінка і прогнозування розвитку процесів переформування берегів Сутиського водосховища на р. Південний Буг за умови підвищення рівнів води. // Водне господарство. — 2010. — № 4. — С. 30–36.
6. Яцик А.В. Оцінка екологічної ефективності водогосподарського використання водосховищ гідроенергетичного призначення р. Південний Буг / А. В. Яцик, Т. О. Басюк. // Водне господарство України. — 2009. — № 6. — С. 20–21.
7. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. — К.: СИМВОЛ-Т, 1998. — С. 28.
8. Яцик А. В., Чернявська А.П., Гопчак І. В., Басюк Т. О. Формування якості води у водосховищах малих ГЕС на р. Південний Буг // Водне господарство України. — 2010. — № 5. — С. 15–21 с.
9. Методичне керівництво по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів річок. НТД 33-4759129-03-04-92. — К.: УНДІВЕП, 1992. — С. 40.
10. Яцик А.В., Басюк Т.А. Санитарно-гигиеническая оценка качества воды реки Южный Буг // Материалы IV Международного водного форума "Стратегические проблемы охраны водных ресурсов", Минск, 12–13 октября 2010 года. — С. 358–360.
11. Яцик А. В., Чернявська А.П., Гопчак І. В., Басюк Т. О.. Оцінка екологічного стану водосховищ гідроенергетичного призначення на р.Південний Буг за гідробіологічними показниками // Гідроенергетика України. — 2010. — № 3. — С. 17–24.
12. Яцик А.В., Басюк Т.О. Результати моделювання підтоплення територій водосховищами малих ГЕС на р. Південний Буг у випадку підвищення рівнів води // Збірка доповідей Міжнародного Конгресу "ЕТЕВК-2011", Україна, Крим, м. Яла, 6–10 червня 2011. — С. 340–342.

© Яцик А.В., 2012

