

## **21. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ, ПОРУШЕНИХ ВНАСЛІДОК ВИДОБУВАННЯ БУРШТИНУ**

### **21.1. Загальний опис проблематики досліджень**

Впродовж останніх десятиріч суттєво зросли обсяги незаконного видобування бурштину на значних площах північно-західної частини Українського Полісся. Незаконне добування бурштину із піщаних родовищ в основному здійснюється двома способами: механічним (шурфуванням) та гідравлічним (гідропомповим).

При видобуванні бурштину має місце:

- порушення цілісності геологічних пластів;
- створення валоподібних викидів гірничої маси навколо шурфів;
- створення намиву навколо свердловин гідророзмиву;
- зубожіння бурштиновмісних покладів;
- порушення гідрогеологічних умов локальних територій.

Під час видобування бурштину методом шурфування повністю знищується трав'яний та чагарниковий яруси лісу, механічно пошкоджується коренева система дерев, а в частих випадках дерева викорчовуються. За нестачі ґрунту та через пошкодження коренева система не здатна втримувати стовбур у вертикальному стані і дерева нахиляються або взагалі падають під власною вагою. При цьому можуть пошкоджуватись сусідні рослини, гине підлісок. З часом більшість дерев гине. Для таких територій характерних рис набуває майже повна відсутність первинного ґрунтового покриву, натомість величезна кількість шурфових ям різко зменшує площу для розвитку насіння, а отже, і молодого лісу. Таким чином, знищується сучасний ліс і не створюються умови для його відновлення.

Схожа, але водночас і відмінна картина, спостерігається при видобуванні бурштину гідропомповим методом. При цьому можна розглядати два види негативних наслідків. Перший – це створення воронкоподібних порожнин у ґрунті, його перекривання намитим піщаним матеріалом; другий – порушення гідрогеологічного режиму даної території за рахунок надходження великих об'ємів води у близькозалегаючі гірські породи.

В результаті гідромеханічного впливу відбувається просідання і ґрунту, і гірських порід під ним та їхнє поховання під техногенним шаром піщанисто-глинистого матеріалу. Надмірне додаткове зволоження надр технологічними водами призводить до тривалого піднімання рівня

грунтових вод. Сукупна дія цих чинників веде до того, що коренева система дерев не здатна втримувати їх у стані рівноваги в розрідженому піщанистому ґрунті. Крім того, піднятий рівень ґрунтових вод перешкоджає проникненню кисню до коренів і вони страждають та гинуть від перезволоження. Коли кількість загиблого коріння доходить до критичної межі, рослина гине повністю. Позитивна відмінність гідропомпового методу полягає лиш у тому, що ґрунт та піщана порода не переміщуються у відвали, а рівномірно розповсюджуються по території потоками води, створюючи умови для подальшого самовідновлення лісу.

Окрім знищення екосистем лісу та луків, незаконний видобуток бурштину часто призводить до повного руйнування агроекосистем, що виникають на їх місці. При цьому зменшується площа орних родючих земель, відбувається їх деградація. І це в регіоні, де гостро стоїть проблема відповідного земельного забезпечення сільськогосподарських підприємств.

Ще однією екологічною проблемою, що викликана незаконним видобуванням бурштину, є зміна гідрологічного режиму територій прилеглих до такого видобутку. Ця зміна відбувається, в основному, через порушення роботи гідромеліоративних каналів та закачування у бурштиноносні та вищезалігаючі горизонти великих об'ємів води.

Для оцінки масштабів нелегального видобутку бурштину визначення площ порушених земель та обсягів рекультивациі необхідно насамперед провести детальну інвентаризацію пошкоджених територій.

Наведені вище наслідки несанкціонованого видобутку бурштину мають значне просторове поширення та різне географічне розташування. У зв'язку з цим для ідентифікації та визначення площ порушених ділянок найбільш ефективним є використання даних дистанційного зондування, які дозволяють досліджувати великі площі важкодоступних територій станом на різні періоди часу.

Більшість ділянок незаконного видобутку знаходиться на важкодоступних закритих лісами та чагарниками територіях віддалених від населених пунктів і проїзних частин. Крім цього, ділянки незаконного видобутку бурштину дуже часто охороняються озброєними особами невідомого підпорядкування, які перешкоджають доступові до проблемних ділянок з метою визначення обсягів порушених земель наземними способами. Перспективним способом для оперативного і точного картографування проблемних територій та визначення площ незаконних розробок є використання безпілотних аерознімальних систем. Однак і їхнє застосування значно обмежене складними природними умовами та ризиком втрати БПЛА в результаті незаконних дій нелегальних старателів. Крім того, зважаючи на значні площі, масштаби і швидкість поширення процесів, використання БПЛА є малоефективним і

затратним. Матеріали, отримані в результаті безпілотного знімання, доцільно використовувати на локальних ділянках з метою вибіркової верифікації даних, отриманих із засобів ДЗЗ космічного базування.

Видобуток бурштину відбувався у різний час на територіях із різним географічним розташуванням та природними умовами, а також різними способами видобутку. Перераховані та деякі інші чинники по-різному впливають на відображення таких ділянок на матеріалах дистанційного знімання, а отже, вимагають різних підходів для їх ідентифікації та автоматизованої класифікації.

З метою проведення аналізу можливості ідентифікації порушених земель із різними природними умовами та способами видобутку було вибрано декілька тестових ділянок із різним географічним розташуванням на території північної частини Рівненської та Житомирської областей.

Для аналізу дешифрувальних властивостей та вибору оптимальних матеріалів дистанційного зондування для ідентифікації порушених земель внаслідок видобутку бурштину було виконано опрацювання матеріалів з різною роздільною здатністю, з різними наборами спектральних каналів та на різні дати виконання знімання. Для опрацювання були вибрані дані з космічних апаратів WorldView-2, WorldView-3 (Digital Globe, Inc., США), Pleiades-1 (AIRBUS, Франція), Spot-6/7 (AIRBUS, Франція), Planet Score (Planet Labs, Inc., США), Sentinel-2A/2B (AIRBUS, Франція).

На території дослідження виділено 5 масивів тестових ділянок площами по 100 км<sup>2</sup> кожен (рис. 21.1). Основні характеристики та джерела отримання даних дистанційного зондування наведені в таблиці 21.1.



Рис. 21.1. Розташування масивів тестових ділянок на території дослідження

Таблиця 21.1

**Основні характеристики та джерела отримання  
даних дистанційного зондування**

Зона інтересу	Характеристики	Дані ДЗЗ				
		WorldView-2/3	Pleiades-1	Spot-6/7	Planet Scope	Sentinel-2B
<b>Масив 1</b> (Сарненський район (в межах колишнього Сарненського району) Рівненської області)	Космічний апарат	WorldView-2/3	Pleiades-1	Spot-6/7	Planet Scope	Sentinel-2B
	Дата зйомки	28.04.2018	20.08.2016	24.03.2015	03.05.2018	29.04.2018
	Канали	Panromatic (1) R,G,B,NIR, coastal, yellow, red edge, NIR-2 (2)	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	R,G,B,NIR (1)4 Vegetation red edge, 2 SWIR(2)Coastal aerosol, Water vapour, SWIR - Cirrus(3)
	Просторова роздільна здатність	(1) 0,5 м/піксель (2) 2.0 м/піксель	0,92 м/піксель	1,5 м/піксель	3,0 м/піксель	(1) 10 м/піксель (2) 20 м/піксель (3) 60 м/піксель
	Радіометрична роздільна здатність	16 біт/піксель	16 біт/піксель	16 біт/піксель	16 біт/піксель	11 біт/піксель
	Джерело даних	ТзОВ «ТВІС ІУКРЕЙН»	ТзОВ «ТВІС ІУКРЕЙН»	ТзОВ «ТВІС ІУКРЕЙН»	www.planet.com	www.scihub.copernicus.eu
<b>Масив 2</b> (Сарненський район (в межах колишнього Рокитнівського району) Рівненської області)	Космічний апарат	WorldView-2/3	Pleiades-1	Spot-6/7	Planet Scope	Sentinel-2B
	Дата зйомки	31.10.2015 28.04.2018	07.09.2016	17.05.2017	21.04.2018 03.05.2018	29.04.2018
	Канали	Panromatic (1) R,G,B,NIR, coastal, yellow, red edge, NIR-2 (2)	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	R,G,B,NIR (1)4 Vegetation red edge, 2 SWIR(2) Coastal aerosol, Water vapour, SWIR - Cirrus(3)
	Просторова роздільна здатність	(1) 0,5 м/піксель (2) 2.0 м/піксель	0,74 м/піксель	1,5 м/піксель	3,0 м/піксель	(1) 10 м/піксель (2) 20 м/піксель (3) 60 м/піксель
	Радіометрична роздільна здатність	16 біт/піксель	16 біт/піксель	16 біт/піксель	16 біт/піксель	11 біт/піксель
	Джерело даних	«ТВІС ІУКРЕЙН»	«ТВІС ІУКРЕЙН»	«ТВІС ІУКРЕЙН»	www.planet.com	www.scihub.copernicus.eu

Зона інтересу	Характеристики	Дані ДЗЗ			
<b>Масив 3</b>  (Сарненський район (в межах колишнього Дубровицького району) Рівненської області)	Космічний апарат	<b>WorldView-2/3</b>	<b>Spot-6/7</b>	<b>Planet Scope</b>	Sentinel-2B
	Дата зйомки	11.09.2016	14.10.2016	03.05.2018	29. 04.2018
	Канали	Panromatic (1) R,G,B,NIR, coastal, yellow, red edge, NIR-2 (2)	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	R,G,B,NIR (1) 4 Vegetation red edge, 2 SWIR(2) Coastal aerosol, Water vapour, SWIR - Cirrus(3)
	Просторова роздільна здатність	(1) 0,5 м/піксель (2) 2.0 м/піксель	1,5 м/піксель	3,0 м/піксель	(1) 10 м/піксель (2) 20 м/піксель (3) 60 м/піксель
	Радіометрична роздільна здатність	16 біт/піксель	16 біт/піксель	16 біт/піксель	11 біт/піксель
Джерело даних	«ТВІС ЮКРЕЙН»	«ТВІС ЮКРЕЙН»	www.planet.com	www. scihub.copernicus.eu	
<b>Масив 4</b>  (Вараський район (в межах колишнього Зарічненського району) Рівненської області)	Космічний апарат	<b>Pleiades-1</b>	<b>Spot-6/7</b>	<b>Planet Scope</b>	Sentinel-2B
	Дата зйомки	06.04.2014	23.11.2017	04.05.2018	29. 04.2018
	Канали	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	R,G,B,NIR (1) 4 Vegetation red edge, 2 SWIR(2) Coastal aerosol, Water vapour, SWIR - Cirrus(3)
	Просторова роздільна здатність	0,85 м/піксель	1,5 м/піксель	3,0 м/піксель	(1) 10 м/піксель (2) 20 м/піксель (3) 60 м/піксель
	Радіометрична роздільна здатність	16 біт/піксель	16 біт/піксель	16 біт/піксель	11 біт/піксель
Джерело даних	«ТВІС ЮКРЕЙН»	«ТВІС ЮКРЕЙН»	www.planet.com	www. scihub.copernicus.eu	
<b>Масив 5</b>  (Коростенський район (в межах колишнього Олевського району) Житомирської області)	Космічний апарат	<b>Pleiades-1</b>	<b>Spot-6/7</b>	<b>Planet Scope</b>	Sentinel-2B
	Дата зйомки	18.10.2016	29.04.2016	23.04.2018	29. 04.2018
	Канали	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	R,G,B,NIR (1) 4 Vegetation red edge, 2 SWIR(2) Coastal aerosol, Water vapour, SWIR - Cirrus(3)
	Просторова роздільна здатність	0,85 м/піксель	1,5 м/піксель	3,0 м/піксель	(1) 10 м/піксель (2) 20 м/піксель (3) 60 м/піксель
	Радіометрична роздільна здатність	16 біт/піксель	16 біт/піксель	16 біт/піксель	11 біт/піксель
Джерело отримання даних	ТЗОВ «ТВІС ЮКРЕЙН»	ТЗОВ «ТВІС ЮКРЕЙН»	www.planet.com	www. scihub.copernicus.eu	

## 21.2. Розроблення методики аналізу порушених земель з метою автоматизованої ідентифікації цільових земельних ділянок

**21.2.1. Методика ідентифікації порушених земель в результаті несанкціонованого видобутку бурштину.** Обробка даних дистанційного зондування включає стандартні етапи, такі як підготовка, попереднє опрацювання, тематична обробка даних, комплексний аналіз результатів. В той же час, конкретна реалізація цих етапів залежить від залученого апаратного і програмного забезпечення.

Технологічну схему опрацювання даних дистанційного зондування представлено на рис. 21.2.



Рис. 21.2. Технологічна схема опрацювання зображень

В проєкті залучено набір даних отриманих як науковими супутниковими місіями, так і комерційними системами. Уніфікування даних, включених в процес тематичного опрацювання, є досить важливим етапом. Залежно від рівня опрацювання, дані містять певні відмінності, враховуючи які процес підготовки буде дещо відрізнятись. Модель підготовки даних представлено на рисунку 21.3.

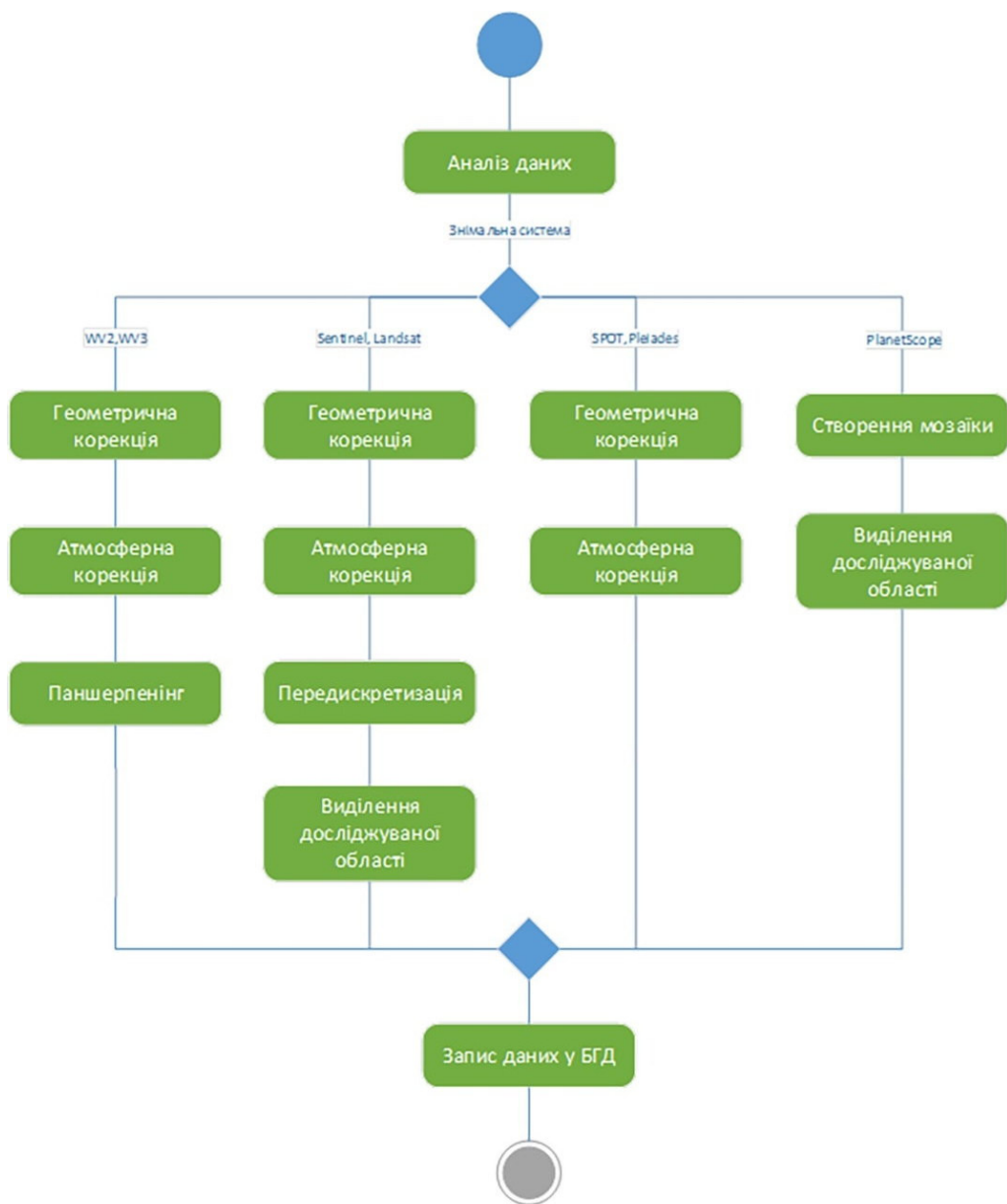


Рис. 21.3. Процес попередньої обробки знімків

Залежно від процедур, що виконуються на етапі попереднього опрацювання, дані можна розділити на декілька груп.

До першої групи відносяться супутникові знімки WV2, WV3. Унікальним етапом опрацювання даних з цієї групи є процес паншерпенінгу [7] – підвищення роздільності знімків за допомогою

панхроматичного каналу. Ця процедура дозволяє підвищити просторову роздільність знімків у 2–3 рази залежно від знімальної системи.

До другої групи належать дані отримані науковими супутниковими місіями Sentinel [10] та іншими. Отримані такими системами знімки мають досить значне просторове покриття, завдяки чому здатні охопити усю досліджувану територію. Процес опрацювання таких даних є найбільш простим, оскільки практично всі сучасні настільні ГІС містять інструментарій для роботи з ними.

Для більш якісної тематичної обробки растрів цієї групи необхідно виконати їх передискретизацію (приведення величини пікселів усіх каналів до однакового розміру).

До третьої групи можна віднести дані зібрані системами Pleiades-1A, SPOT-6. Такі знімки потребують лише орторектифікації та атмосферної корекції.

До останньої групи належать зображення отримані супутниками PlanetScore. У зв'язку з тим, що вони мають розмір 8×25 км та не завжди повністю покривають досліджувану територію, необхідно виконати зшивання декількох зображень, після чого з використанням векторних масок виділити досліджувану територію.

Після завершення попередньої обробки усі дані зберігаються у форматі GeoTIFF. В якості координатної системи обрано UTM-35N.

Головним індикатором місць нелегального видобутку бурштину на космічних зображеннях є наявність ділянок чергування відкритих відвалів піску і ям-копанок, що мають характерний спектральний образ, текстуру зображення та температурний контраст з навколишньою рослинністю. Виходячи з цього, методика виявлення і картографування ділянок нелегального видобутку складається з послідовного аналізу багатоспектральних космічних даних на основі класифікацій за спектральними ознаками та оцінки приросту температури земної поверхні на локальних ділянках (аналіз рядів відновлених температур за даними Landsat 8/TIRS) [2].

Для достовірної класифікації порушених територій виконується аналіз гіперспектральних знімків сенсора HIPERION, супутника EO-1. Отримані результати дають можливість сформуванню повний спектральний образ шуканого об'єкта та ідентифікувати його на космічному зображенні.

Для підвищення кількості вхідних даних, окрім стандартних зображень і теплових карт, використовуються індексні зображення та результати аналізу головних компонент. Методика визначення площ наведена на рис. 21.4.

Схема є частково спрощеною, оскільки етапи попередньої обробки наведено раніше.



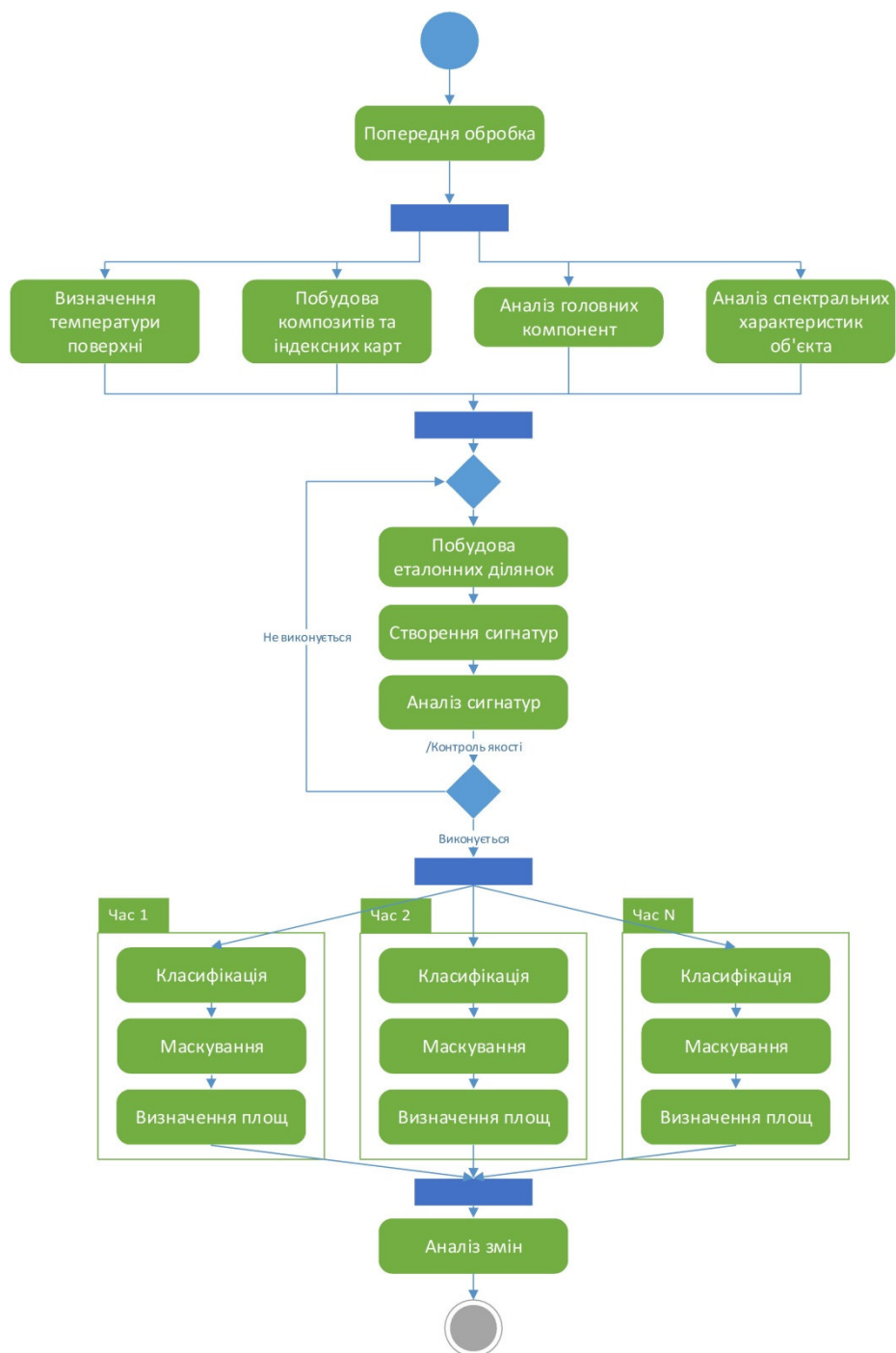


Рис. 21.4. Методика визначення площ порушених земель за супутниковими знімками

Для визначення температури поверхні найдоцільніше використовувати дані, отримані сенсором TIRS супутника Landsat 8 [11]. Оброблення таких даних включає ряд етапів, наведених на рис. 21.5 [1]. Температура земної поверхні визначалася за показниками каналів 10 і 11.

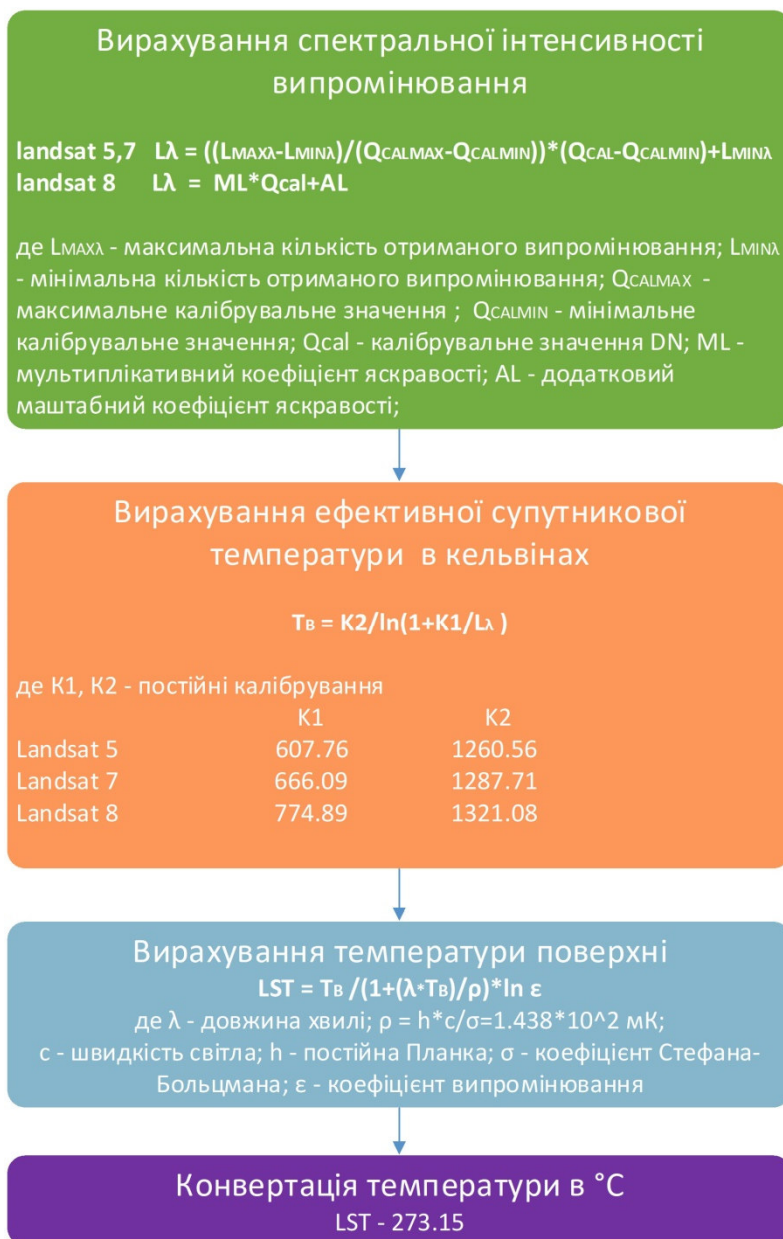


Рис. 21.5. Послідовність конвертації вихідних даних в значення температури

Побудова індексних зображень та кольорових композитів дозволяє отримати продукт, котрий буде корисним як на етапі дешифрування, так і в процесі класифікації. Перелік композитів та індексних карт наведено в публікації [5]. Так, отримання значень вегетаційних індексів дозволяє більш точно ідентифікувати відкритий ґрунтовий покрив. Застосування композитів, побудованих з використанням даних зібраних в ближній та середній інфрачервоних ділянках спектра, дозволяє ідентифікувати приховані у видимій ділянці спектра особливості поверхні.

Ущільнення даних виконувалось із застосуванням аналізу головних компонент.

Аналіз головних компонент (Principal Component Analysis – PCA) – це метод зменшення вимірності змінних (каналів) до головних компонент.

Трансформація головних компонент надає новий набір каналів (головних компонент), які мають наступні характеристики: головні компоненти не корелюють; кожна наступна компонента має дисперсію меншу, ніж попередня компонента. Відтак, це ефективний метод виокремлення інформації та ущільнювання даних [9].

На етапі дешифрування встановлюються всі типи покриттів, присутні на зображенні. Для визначення кількості класів виконується попередня класифікація із застосування неконтрольованих алгоритмів (ISOCLUST, CLUSTER та інші). Після встановлення переліку класів здійснюється визначення їх точного розташування на знімку. Далі із застосуванням інструментів векторизації створюються еталонні ділянки.

На основі еталонних ділянок будуються файли сигнатур, котрі містять статистичну інформацію, отриману за спектральною кривою кожного із об'єктів.

Далі побудовані сигнатури аналізуються. У разі якщо скатерограма [12], побудована за парами каналів, показала їх накладання, обираються інші еталони.

Класифікація дозволяє отримати тематичну карту, на якій візуалізовано всі з включених в опрацювання класів. Як правило, результуюче зображення містить шуми у вигляді одиночних пікселів. Для їх видалення виконується фільтрація. Проте, враховуючи невеликі розміри окремих шуканих об'єктів, цим етапом можна знехтувати.

Далі проводиться перекласифікація, котра дозволяє виділити один із класів. Після цього проводяться оверлейні операції для видалення об'єктів дорожньої інфраструктури та забудови, котрі в деяких випадках мають схожі з відкритими ґрунтами спектральні характеристики.

На кінцевому етапі виконується перекласифікація та визначення площ ідентифікованих на знімку порушених земель.

**21.2.2. Формування модульної геоінформаційної системи на основі QGIS.** В якості базової настільної ГІС використовувалась система QGIS 3.4.2 [8]. Обробка зображень здійснювалась за методикою, наведеною в підрозділі 1.2.1. Опрацювання знімків проводилось з використанням як стандартних модулів QGIS, так і розроблених додатків. Для розширення можливостей системи залучено ресурси бібліотеки GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) [6], додаткові модулі GRASS GIS та GIS SAGA.

Для виконання підготовчих робіт, а саме атмосферної, геометричної корекції супутникових даних Sentinel та Landsat застосовувались інструменти, присутні в додатку Semi-Automatic Classification Plugin. Даний засіб забезпечує повний спектр опрацювання даних, отриманих з відкритих джерел. Конвертація виконувалась в напівавтоматичному режимі. Більшість параметрів було завантажено із файлів метаданих. Роль оператора полягає у виборі каталогу з даними та вказанні шляху до мета-файла.

Як було показано раніше, процес попередньої обробки даних має свої особливості. Підготовка супутникових знімків PlanetScore полягає у формуванні мозаїки та вирізанні досліджуваної області. Для цих цілей побудовано модуль з використанням засобів бібліотеки GDAL. Вхідними параметрами є набір растрів та маска, котра використовується для виділення зони інтересів на зображенні.

Щодо супутникових зображень WV-2,3. Процес їх попереднього опрацювання є дещо складнішим, оскільки, окрім атмосферної корекції включає панхроматичне накладання (пан-шерпенінг) та орторектифікацію.

Пан-шерпенінг виконувався з використанням модуля системи GRASS GIS «i.pansharpen». Вхідними параметрами для цього процесу були: метод опрацювання, вхідні мультиспектральні канали та шлях до панхроматичного каналу.

В результаті отримано масив зображень з підвищеною просторовою роздільністю. Фрагмент зображення до і після процесу пан-шерпенінгу наведено на рисунках 21.6 (а) та 21.6 (б).

Для автоматизації процесу атмосферної корекції та орторектифікації побудовано модуль «Restorer». Основою для реалізації даного розширення є два інструмента: «GDAL\_WARP» (виконання геометричної корекції) та i.atcorr (атмосферна корекція). Вхідними параметрами є: спектральне покриття, час і дата знімання, файл з грс-коефіцієнтами.

Всі результуючі знімки збережено у форматі GeoTIFF.

Також на цьому етапі отримано карту температур поверхні Землі. Визначення температурних показників здійснювалося на основі термічного (10 каналу) супутника Landsat 8. Методику опрацювання наведено в попередньому підрозділі. Фрагмент карти представлено на рис. 21.7.

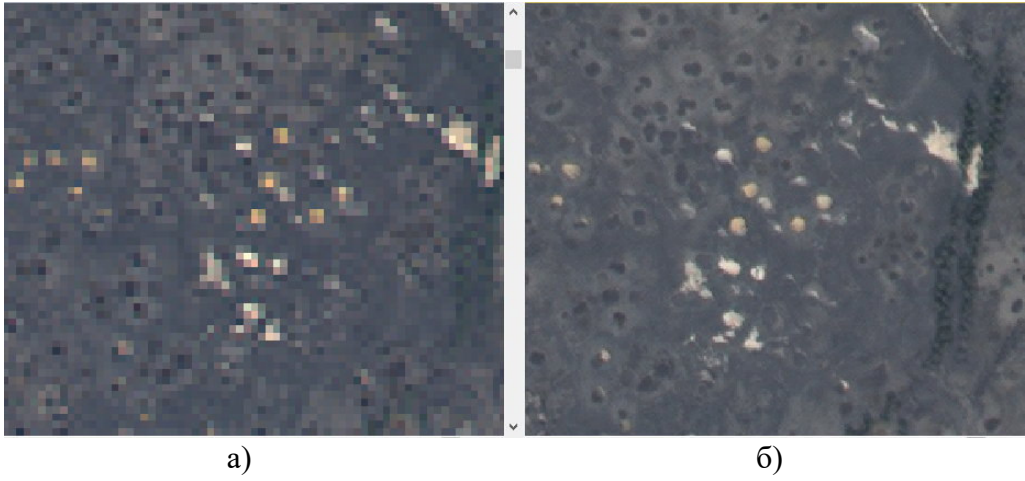


Рис. 21.6. Результати процедури панхроматичного накладання:  
а) до; б) після

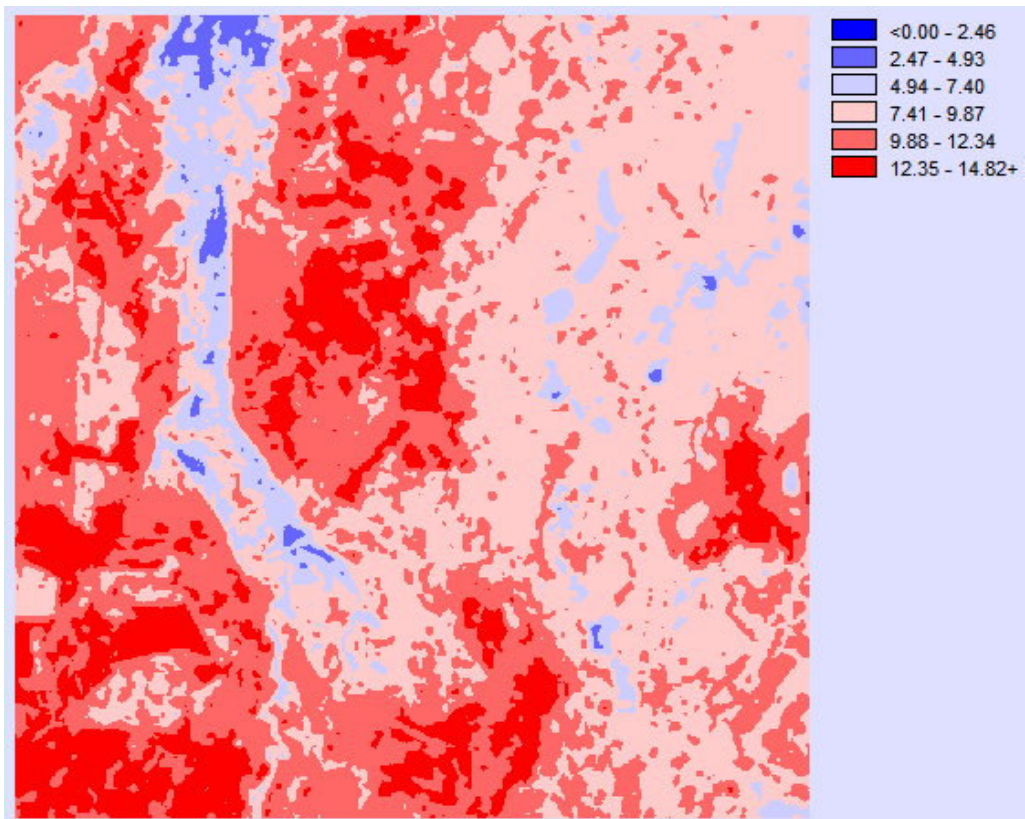


Рис. 21.7. Фрагмент карти температур

Оскільки на супутниковому знімку WV-2 був присутній хмарний покрив, виконувалось його вирізання. Для цього будувались маски хмарності на основі каналу SWIR-CIRRUS. Далі з використанням модуля «Clip\_raster\_by\_mask» здійснювалося їх відсівання.

Для підвищення якості класифікації залежно від знімальної системи формувались композити та індексні зображення, котрі слугували допоміжним продуктом на етапі вибору еталонних ділянок. Побудова вищезазначених продуктів виконувалась з використанням спеціалізованих модулів «i.iv» (побудова вегетаційних індексів) та «r.composite» з набору GRASS GIS. Вхідними параметрами були канали для побудови композиту, спосіб інтерполяції, тип вегетаційного індекса та розташування червоного і ближнього інфрачервоного каналів. Приклади індексного і композитного зображень наведено на рисунках 21.8 (а) та 21.8 (б).

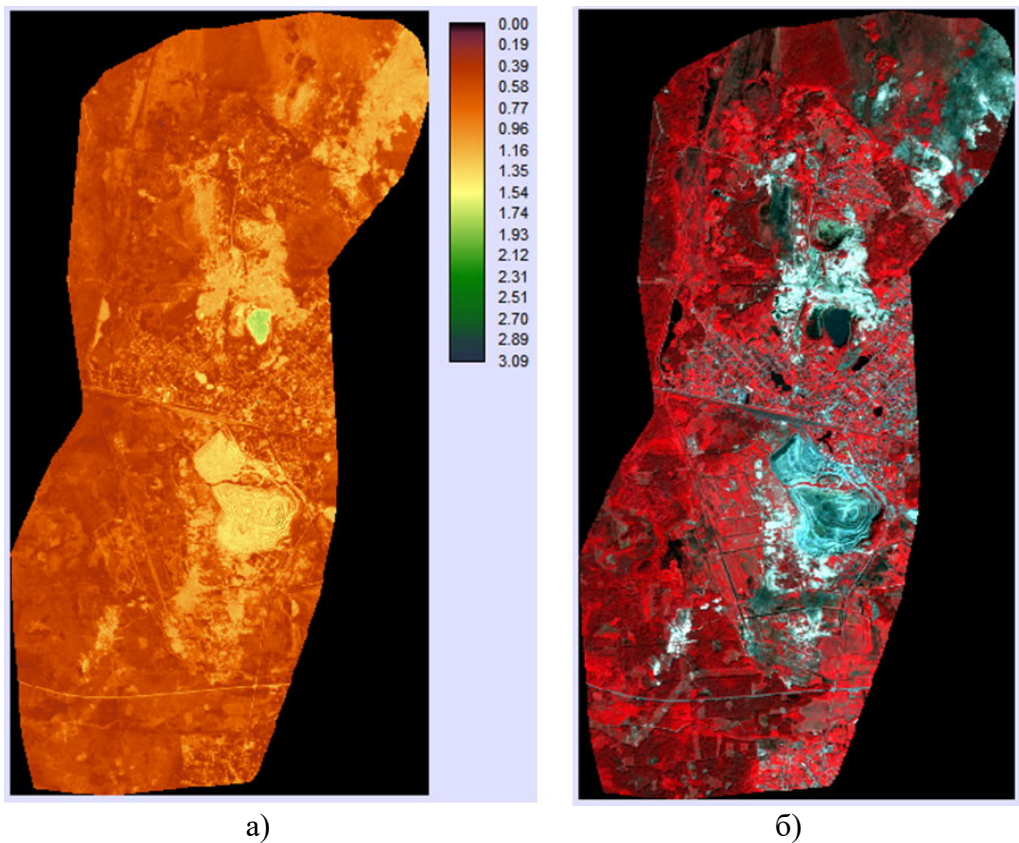


Рис. 21.8. а) значення індекса arvi, отриманого за даними супутників PlanetScore; б) приклад псевдокольорового композита (зелений, червоний, ближній інфрачервоний), побудованого за даними PlanetScore

Як видно із композита, порушені ділянки досить чітко виділяються та підсвічуються білим та блакитним кольором, відкритий ґрунт без верхнього родючого шару має індекс в діапазоні 1–1.4.

Ущільнення даних виконувалось із застосуванням аналізу головних компонент. Дана операція виконувалась з використанням модуля «i.pca». Вхідними параметрами є: масив растрових даних та процент відсікання. Перші дві компоненти з максимальною кількістю корисної інформації наведено на рис. 21.9.

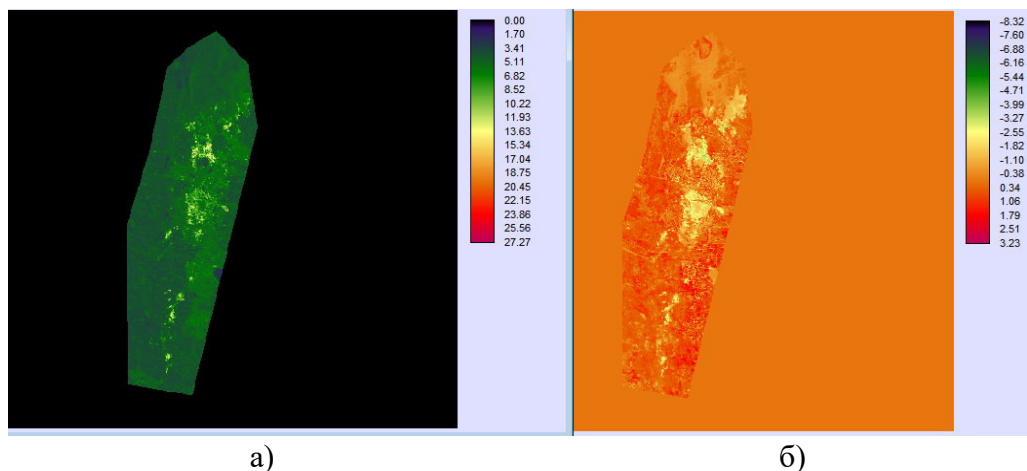


Рис. 21.9. Перші 2 компоненти, отримані за даними знімання супутника Sentinel-2

На компонентах добре видно порушені ділянки. Включення цих додаткових продуктів в процес класифікації дозволило покращити його результативність.

На наступному етапі виконувалась класифікація. Вхідною інформацією були супутникові знімки, компоненти, індексні зображення та кольорові композити. Останні використовувались в процесі вибору та оконтурювання еталонних ділянок. Процес класифікації здійснювався з використанням модуля Semi-Automatic Classification Plugin.

В результаті отримано масив класифікованих зображень, де кожному пікселю відповідає певний тип покриття.

Далі отримані зображення перекласифіковувались з використанням модуля «g.reclass» таким чином, щоб пікселям, котрі належать до класу порушених земель, присвоювалось значення 1, решта пікселів отримувала значення 0.

Це дозволило побудувати ґрид із зображенням шуканого покриття, на якому 0-ві пікселі з легкістю можна замаскувати.

На кінцевому етапі виконувалось визначення площ шуканого об'єкта. Знаючи розмір пікселя та їх кількість, можна з легкістю визначити даний показник. Розрахунок площ здійснювався в модулі «Raster\_Layer\_Unique\_values\_report».

**21.2.3. Результати автоматизованої ідентифікації порушених земель на тестових ділянках.** Результатом роботи є масив цілочисельних ґридів, комірки яких містять інформацію про приналежність пікселя до порушених земель.

Враховуючи різночасовий розподіл вхідних даних, є можливість дослідити динаміку змін.

На рисунках 21.10–21.14 представлені результати автоматизованого визначення порушених земель у Сарненському районі (в межах колишнього Сарненського району). Площі ідентифікованих ділянок наведено у таблиці 21.2. Відмінності у площах спричинені різночасовим розподілом даних та відмінністю у їх просторовій роздільності.

Для інших тестових ділянок одержані результати представлено на рис. 21.15–21.22 та у табл. 21.3–21.6.



Рис. 21.10. Результати класифікації за даними SPOT-6

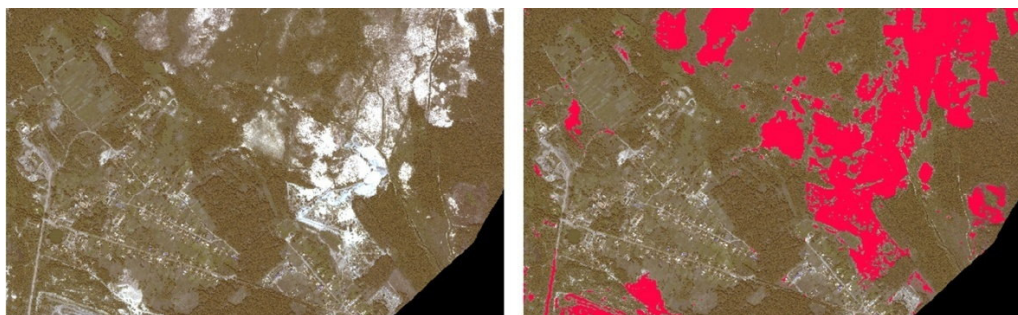


Рис. 21.11. Результати класифікації за даними Pleiades



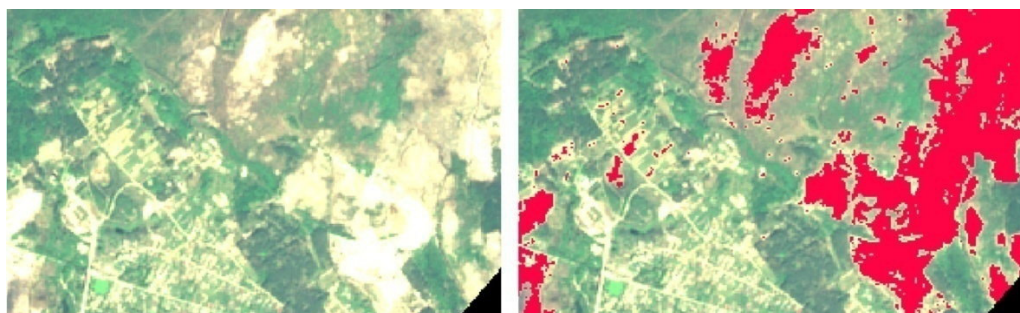


Рис. 21.12. Результати класифікації за даними Sentinel-2

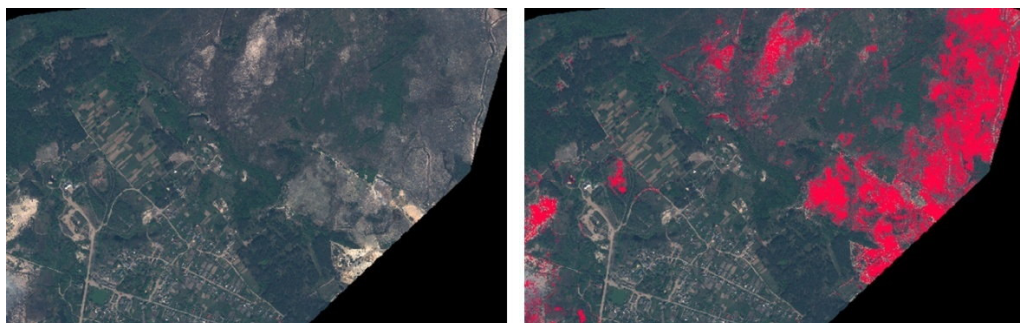


Рис. 21.13. Результати класифікації за даними WV-2

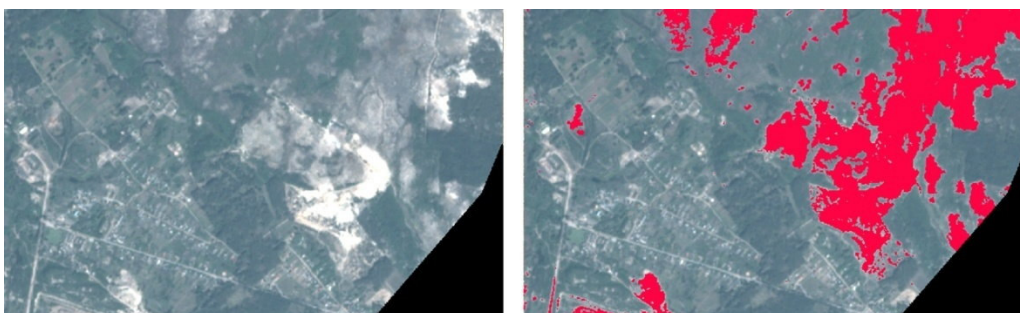


Рис. 21.14. Результати класифікації за даними PlanetScope

Таблиця 21.2

Площі порушених земель за даними дистанційного зондування землі на тестовій ділянці в Сарненському районі (в межах кол. Сарненського)

№ з/п	Космічна система	Дата зйомки	Площа порушених земель, га
1	Spot-6/7	24.03.2015	385
2	Pleiades-1	20.08.2016	597
3	WorldView-2	28.04.2018	523
4	Sentinel-2B	29. 04.2018	575
5	Planet Scope	03.05.2018	555

Коростенський район (в межах колишнього Олевського району)

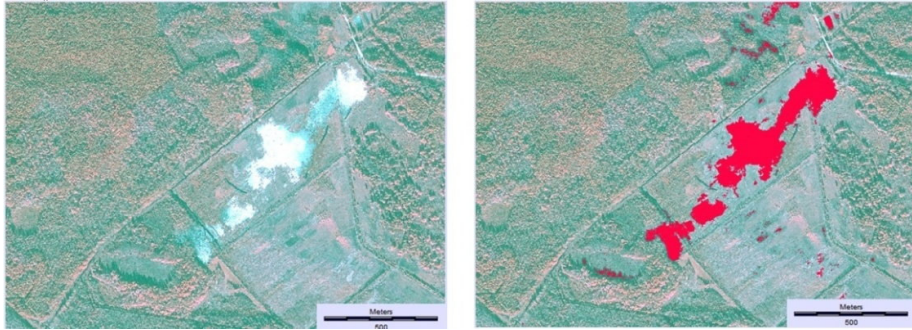


Рис. 21.15. Результати класифікації за даними PlanetScope



Рис. 21.16. Результати класифікації за даними SPOT-6

Таблиця 21.3

Площі порушених земель за даними дистанційного зондування землі на тестовій ділянці в Коростенському районі (в межах кол. Олевського)

№ з/п	Космічна система	Дата зйомки	Площа порушених земель, га
1	Spot-6/7	29.04.2016	157
2	Pleiades-1	18.10.2016	167

Сарненський район (в межах колишнього Рокитнівського району)

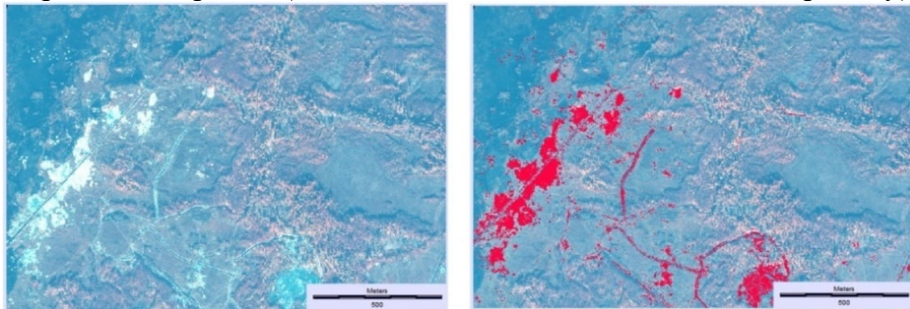


Рис. 21.17. Результати класифікації за даними WV-3

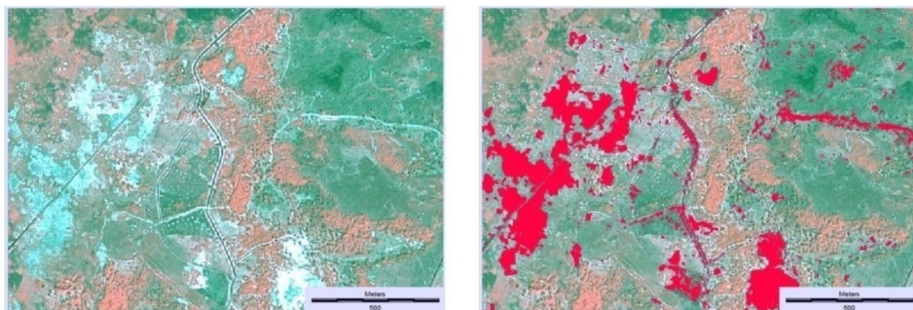


Рис. 21.18. Результати класифікації за даними SPOT-6

Таблиця 21.4

Площі порушених земель за даними дистанційного зондування землі на тестовій ділянці в Сарненському районі (в межах кол. Рокитнівського)

№ з/п	Космічна система	Дата зйомки	Площа порушених земель, га
1	WorldView-3	31.10.2015	133
2	Spot-6/7	17.05.2017	319

Сарненський район (в межах колишнього Дубровицького району)

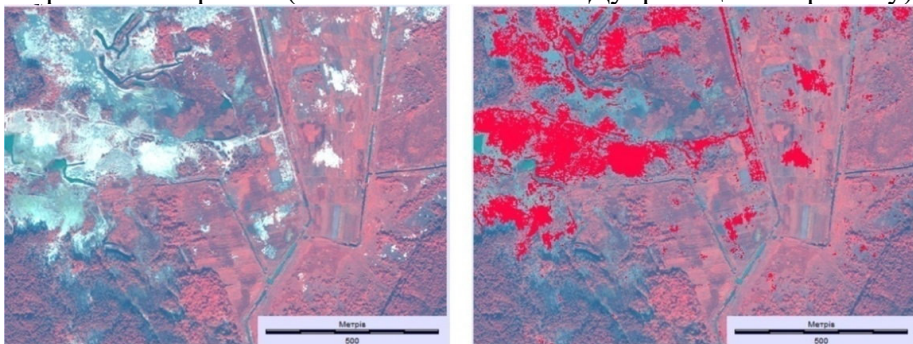


Рис. 21.19. Результати класифікації за даними WV-2

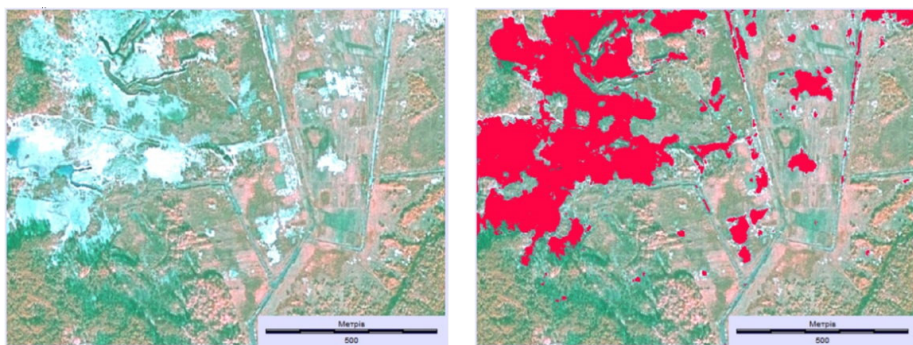


Рис. 21.20. Результати класифікації за даними SPOT-6

Таблиця 21.5

Площі порушених земель за даними дистанційного зондування землі на тестовій ділянці в Сарненському районі (в межах кол. Дубровицького)

№ з/п	Космічна система	Дата зйомки	Площа порушених земель, га
1	WorldView-2	11.09.2016	211
2	Spot-6/7	14.10.2016	237

Вараський район (в межах колишнього Зарічненського району)

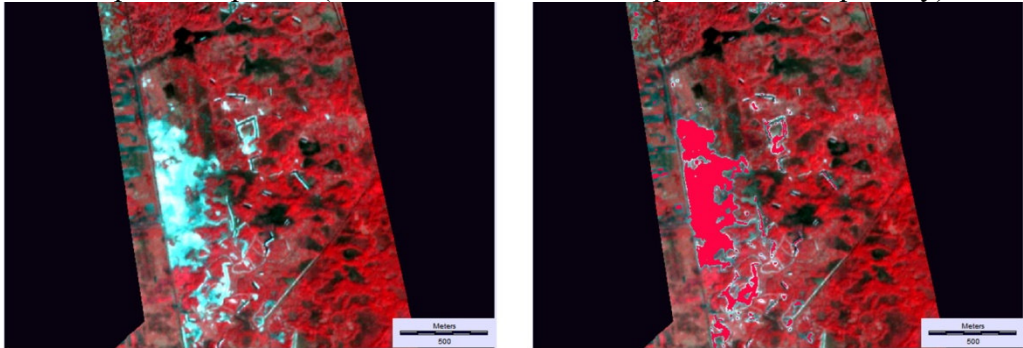


Рис. 21.21. Результати класифікації за даними PlanetScore

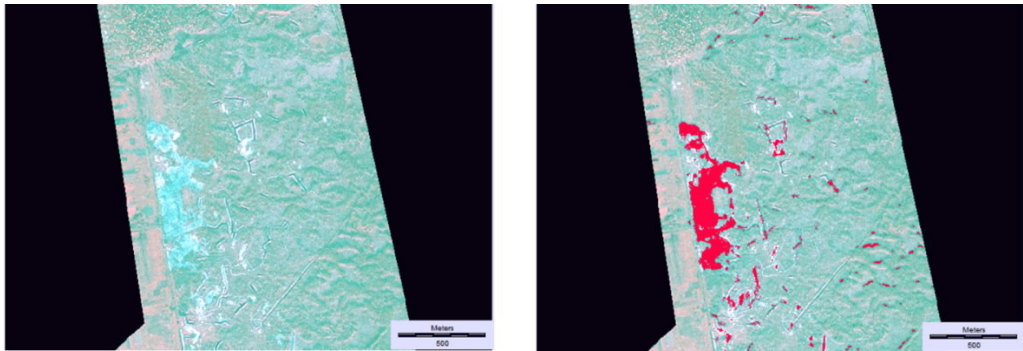


Рис. 21.22. Результати класифікації за даними SPOT-6

Таблиця 21.6

Площі порушених земель за даними дистанційного зондування землі на тестовій ділянці у Вараському районі (в межах кол. Зарічненського)

№ з/п	Космічна система	Дата зйомки	Площа порушених земель, га
1	Spot-6/7	23.11.2017	100
2	Planet Scope	04.05.2018	125

### 21.3. Верифікація методики визначення площ порушених земель за даними дистанційного зондування землі

При проведенні супутникового моніторингу територій видобутку корисних копалин відкритим способом досить важливим етапом є верифікація отриманих результатів. Методики оцінки нанесених державі збитків внаслідок незаконного користування надрами або видобутку корисних копалин без проведення рекультивациі базуються на обчисленнях, в основі яких лежить площа порушених і забруднених земель. Тому від точності обчислення площі залежить коректність кінцевих результатів усього дослідження.

Виходячи із завдань нашого дослідження було складено наступну технологічну схему для проведення верифікації результатів (рис. 21.23).



Рис. 21.23. Технологічна схема проведення досліджень по наземній польовій верифікації матеріалів космічних багатоспектральних знімків

При виконанні дослідження працівниками НУВГП в липні-серпні 2019 року було проведено обстеження окремих ділянок порушених земель в Сарненському та Вараському районах Рівненської області та Коростенському районі Житомирської області. На п'яти відокремлених ділянках виконувалися також топографо-геодезичні роботи із застосуванням сучасних геодезичних приладів та БПЛА.

З метою верифікації методики ідентифікації порушених земель отримано актуальні космічні знімки із супутникових скануючих систем. Дані дистанційного супутникового зондування отримано для кожної із тестових ділянок, розташованих у 5 районах. Це дозволило виконати аналіз результатів за різних умов як природних, так і антропогенних.

Загалом в процес опрацювання включено знімки, отримані для ряду тестових ділянок із різним географічним розташуванням на території північної частини Рівненської та Житомирської областей. Розташування ділянок показано на рис. 21.24.

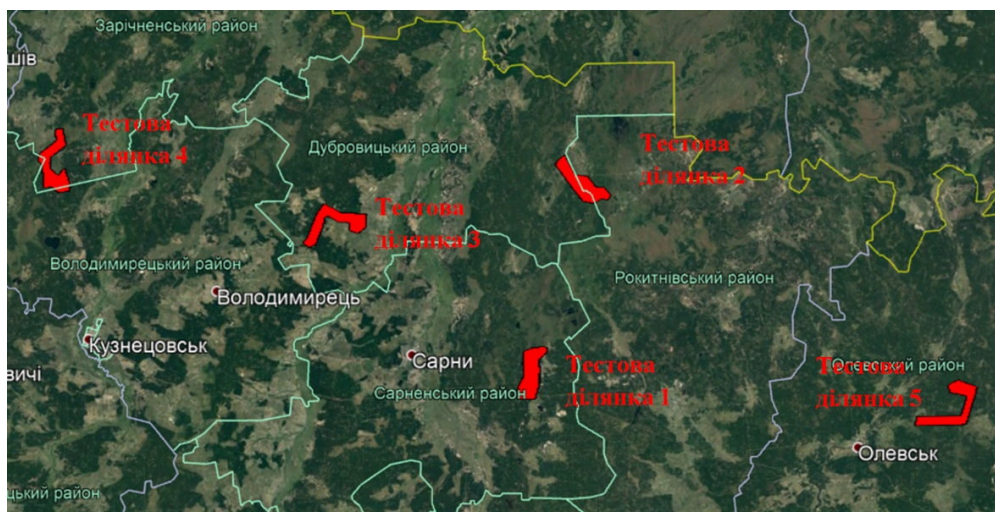


Рис. 21.24. Розташування тестових ділянок

Всі матеріали отримано сенсорами надвисокої просторової роздільності, що забезпечило максимальні дешифрувальні можливості.

Отримані супутникові матеріали – це знімки, зроблені 2-ма знімальними системами: KompsAT 3 та Pleiades 1. Окрім подібної просторової роздільності, дані, зібрані цими системами, мають схожі спектральні характеристики, це забезпечило рівні умови для всіх тестових ділянок.

Загальні характеристики отриманих даних наведено у таблиці 21.7. Площі тестових ділянок еквівалентні 25 км<sup>2</sup> кожна.

## Основні характеристики отриманих даних дистанційного зондування

Зона інтересу	Характеристики				
	Назва к.а.	Дата знімання	Канали	Просторова роздільність	Радіо-метрична роздільність
<b>Тестова ділянка 1</b> (Сарненський район (кол. Сарненський))	000 KS-3/3A	13.08.19	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	0,50 м/піксель	14 біт/піксель
<b>Тестова ділянка 2</b> (Сарненський район (кол. Рокитнівський))	Pleiades-1/2	12.08.19	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	0,92 м/піксель	16 біт/піксель
<b>Тестова ділянка 3</b> (Сарненський район (кол. Дубровицький))	000 KS-3/3A	29.07.19	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	0,50 м/піксель	14 біт/піксель
<b>Тестова ділянка 4</b> (Вараський район (кол. Зарічненський))	Pleiades-1/2	06.08.19	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	0,92 м/піксель	16 біт/піксель
<b>Тестова ділянка 5</b> (Коростенський район (кол. Олевський))	Pleiades-1/2	06.08.19	PSM 4-bands: R,G,B,NIR	0,92 м/піксель	16 біт/піксель

Опрацювання знімків здійснювалось з використанням системи QGIS 3.4.2 та розроблених додатків. Для розширення можливостей системи залучено ресурси бібліотеки GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) [6], додаткові модулі GRASS GIS та GIS SAGA.

На етапі підготовки виконувались: орторектифікація та атмосферна корекція. Для цих цілей застосовувався модуль «Restorer».

Оскільки на знімках ділянок 1, 4 та 5 був присутній хмарний покрив, виконувалось його вирізання. Для цього будувались маски хмарності на основі каналу NIR, оскільки в цій ділянці спектра практично все випромінювання поглинається вологістю. Далі, з використанням модуля «Clip\_raster\_by\_mask» здійснювалося їх відсіювання.

Для підвищення якості класифікації залежно від знімальної системи формувались композити та індексні зображення, котрі слугували допоміжним продуктом на етапі вибору еталонних ділянок. Вхідними параметрами були канали для побудови композиту, спосіб інтерполяції, тип вегетаційного індекса та розташування червоного і ближнього інфрачервоного каналів. Приклади індексного і композитного зображень наведено на рис. 21.25.

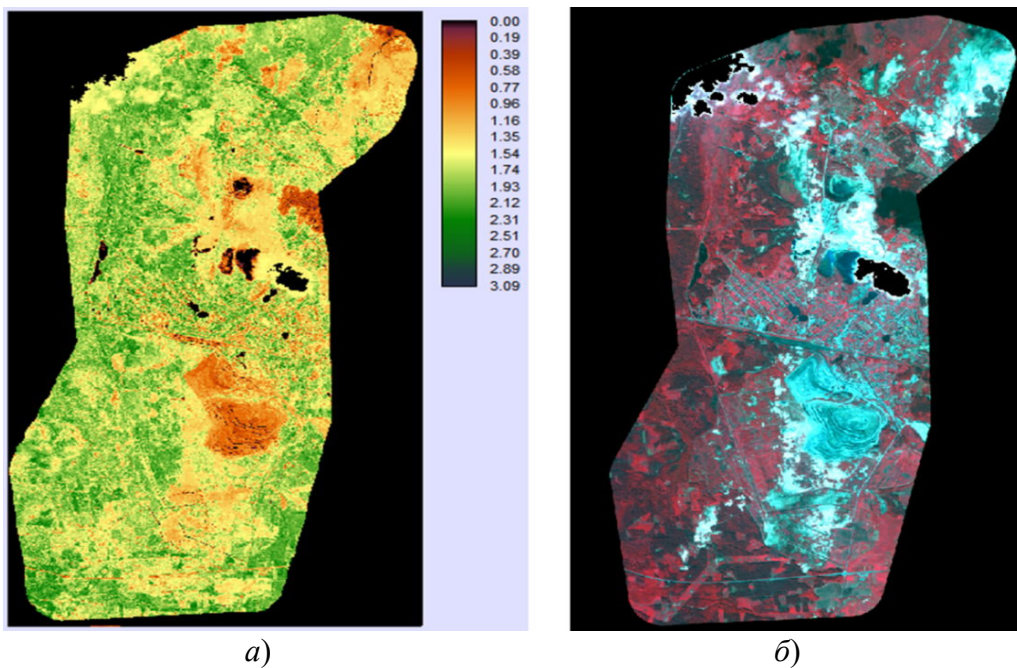


Рис. 21.25. а) значення індекса arvi, побудованого за даними супутників PlanetScore; б) псевдокольоровий композит (зелений, червоний, ближній інфрачервоний), побудований за даними PlanetScore

Як видно з композита (рис. 21.25, б), порушені ділянки досить чітко виділяються та підсвічуються білим та блакитним кольором, відкритий ґрунт без верхнього родючого шару має індекс в діапазоні 0.3–1.6. Також на зображеннях чітко видно замасковані чорним кольором хмари.

Ущільнення даних виконувалось із застосуванням аналізу головних компонент. Перші дві компоненти з максимальною кількістю корисної інформації наведено на рис. 21.26.

На компонентах добре видно порушені ділянки. Включення цих додаткових продуктів в процес класифікації дозволило покращити його результативність.

На наступному етапі виконувалась класифікація. Вхідною інформацією були супутникові знімки, компоненти, індексні зображення та кольорові композити. Останні використовувались в процесі вибору та оконтурювання еталонних ділянок. В результаті отримано масив класифікованих зображень, де кожному пікселю відповідає певний тип покриття. Далі отримані зображення перекласифіковувались з використанням модуля «r.reclass» таким чином, щоб пікселям, котрі відносяться до класу порушених земель, присвоювалось значення 1, решта пікселів отримувала значення 0.



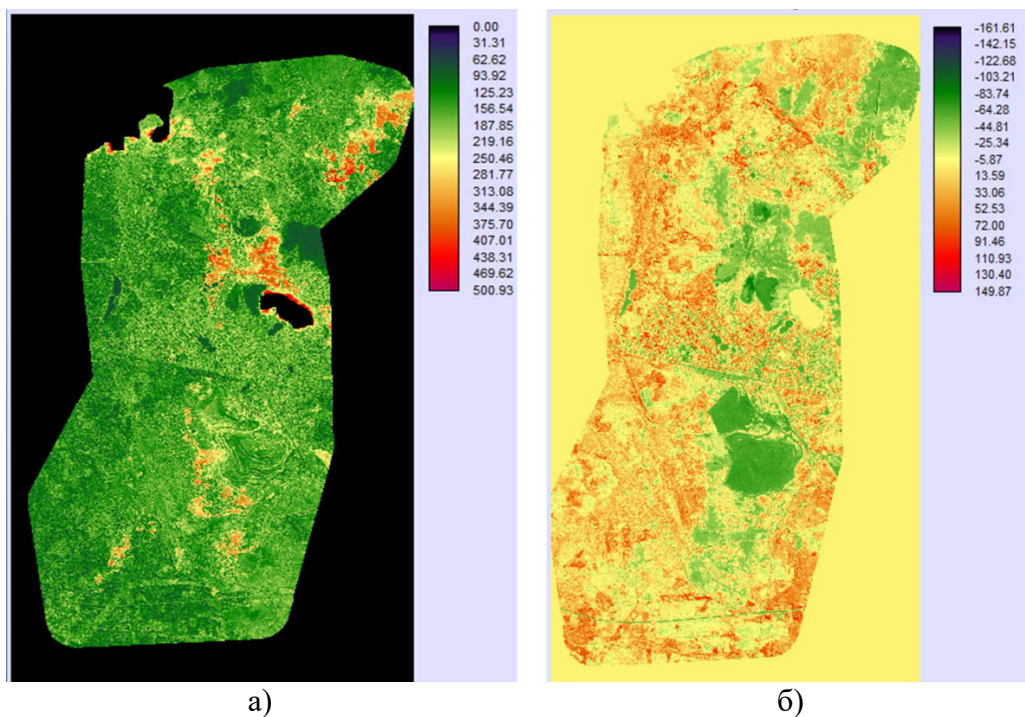


Рис. 21.26. Перші 2 компоненти, отримані за даними знімання супутника Sentinel-2

Це дозволило побудувати ґрид із зображенням шуканого покриття, на якому 0-ві пікселі з легкістю можна замаскувати.

Результатом роботи є масив цілочисельних ґридів, комірки яких містять інформацію про приналежність пікселя до порушених земель. Знаючи просторову роздільність зображення, не складно визначити площу шуканих ділянок. На рис. 21.27 представлені результати автоматизованого визначення порушених земель. Площі ідентифікованих ділянок наведено у табл. 21.8.

Таблиця 21.8

Площі порушених земель за даними дистанційного зондування землі

№ тест./діл.	Назва знімальної системи	Площа порушених земель, га
1	Kompsat 3	526
2	Pleiades-1	113
3	Kompsat 3	348
4	Pleiades-1	176
5	Pleiades-1	158

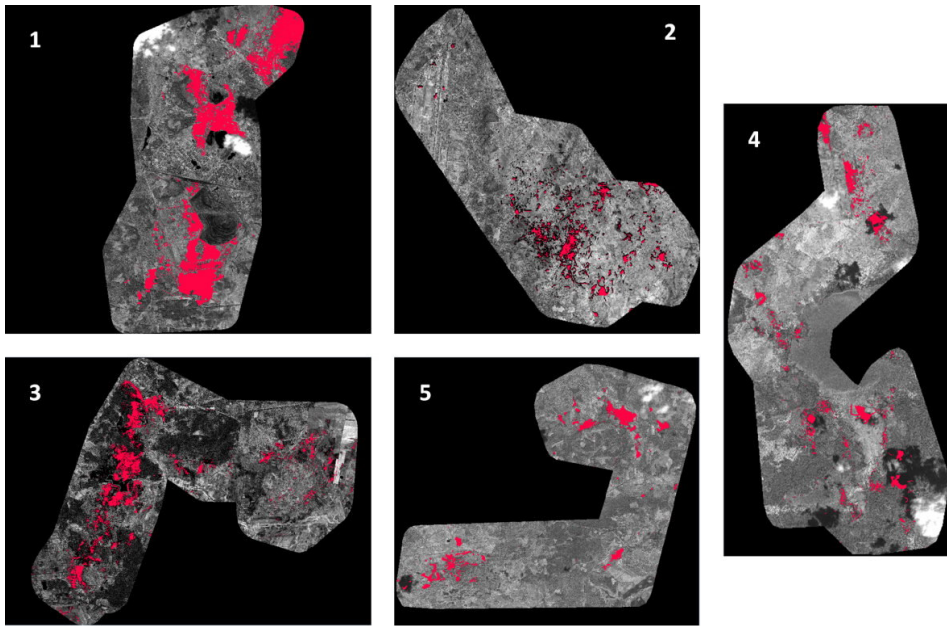


Рис. 21.27. Результати класифікації на тестових ділянках

Для верифікації вибрано тестові ділянки в межах опрацьованих знімків, на яких виконано натурні геодезичні спостереження (5 ділянок) та знімання безпілотним літальним апаратом з подальшим створенням ортофотоплану (2 ділянки). Для польових робіт використовувався електронний тахеометр Leica TCR 405 Ultra, роверний RTK приймач на основі багаточастотного GPS приймача Leica 1200 та антени геодезичного класу точності Leica AX1202 GG. Вимірювання на опорних точках виконувалися статичним методом; на пікетних точках – методом стій-йди в режимі реального часу від всеукраїнської мережі перманентних станцій Systemnet. Також при виконанні топографо-геодезичних робіт для визначення площ порушених земель була можливість провести аерознімання з БПЛА на двох тестових ділянках, розташованих у Сарненському районі (в межах кол. Сарненського) Рівненської області та Олевському районі (в межах кол. Коростенського) Житомирської області.

Площі порушених земель визначені автоматизовано за космічними знімками порівняно з площами, визначеними за геодезичними зніманнями. Накладення контурів порушених земель виконано у програмному комплексі Digitalis.

Результати верифікації за всіма масивами зведено у табл. 21.9. Отже, середня похибка автоматизованого визначення площ контурів (порівняно з площами, визначеними за даними наземного геодезичного знімання) становить 12,5%.

Таблиця 21.9

## Результати верифікації визначення площ порушених земель

Ділянка	Площа порушених земель, га			Розходження площ, га		Розходження площ, %	
	за космічним знімком $S_{КЗ}$	за даними наземного знімання $S_{НЗ}$	за зніманням з БПЛА $S_{БПЛА}$	$\frac{S_{КЗ} - S_{НЗ}}{S_{НЗ}}$	$\frac{S_{КЗ} - S_{БПЛА}}{S_{БПЛА}}$	$\frac{S_{КЗ} - S_{НЗ}}{S_{НЗ}} \times 100$	$\frac{S_{КЗ} - S_{БПЛА}}{S_{БПЛА}} \times 100$
Масив 1 (Сарненський район (кол. Сарненський))	52,1573	68,2482	67,8787	-16.0909	-15.7214	-23,6	-23,2
Масив 2 (Сарненський район (кол. Рокитнівський))	20,2225	21,6920		-1.4695		-6,8	
Масив 3 (Сарненський район (кол. Дубровицький))	31,9263	35,0577		-3.1314		-8,9	
Масив 4 (Вараський район (кол. Зарічненський))	13,7368	17,1145		-3.3777		-19,7	
Масив 5 (Коростенський район (кол. Олевський))	37,8094	39,0846	39,1331	-1.2752	-1.3237	-3,3	-3,4

На 2-му етапі досліджень в процесі порівняння картографічних зображень розподілу порушених земель, отриманих за супутниковими знімками із зображеннями, побудованими за даними наземного знімання та знімання БПЛА, виявлено ряд недоліків, котрі необхідно усунути шляхом покращення алгоритму обробки.

До таких недоліків можна віднести наступні:

– на результуючих класифікаційних зображеннях присутні шуми у вигляді окремих пікселів чи невеликих груп пікселів, котрі не співпадають з ділянками, віднесеними до порушених;

– на певних результуючих ґрідах деякі зі штучно створених каналів, призначених для підведення води до ділянок видобутку бурштину з метою забезпечення функціонування гідропомп, не ідентифіковано як порушені землі;

– на одній з тестових ділянок супутниковими методами не ідентифіковано всі порушені землі, оскільки на певній території вони були замасковані трав'янистою та чагарниковою рослинністю.

Для усунення наведених недоліків вироблено рішення щодо удосконалення методики опрацювання супутникових зображень з метою покращення точності дешифрування.

Для мінімізації відхилень площ порушених ділянок, виявлених за даними супутникового знімання, запропоновано наступні корективи.

Для зменшення шумів, спричинених неоднорідністю покриття, існує 2 шляхи вирішення. Кожен з них базується на певній властивості зашумленості, а саме на тому, що розміри локальних груп пікселів не перевищують 6. Саме завдяки цьому розроблено алгоритм для відсівання таких об'єктів.

1-й спосіб базується на фільтрації шумів безпосередньо на растровому зображенні. В основі даного способу лежить поняття про кластеризацію пікселів. А саме, всі локальні групи пікселів віртуально об'єднуювались в один об'єкт, після чого групи розміром, меншим за 6, відсівались.

2-й шлях полягав у конвертації растрового зображення у векторну форму. Далі, після визначення площ кожного із об'єктів результуючого векторного шару, відсівались ті з них, площі яких були меншими за площу, котру покривала група із 6 пікселів.

Результати наведено на рис. 21.28.



а)



б)

Рис. 21.28. Результати фільтрації шумів:  
а) до фільтрації; б) після фільтрації

Щодо дешифрування каналів. Вирішено підвищити якість алгоритму опрацювання шляхом окремої ідентифікації водних об'єктів. Враховуючи спектральні характеристики води, а саме те, що водні об'єкти поглинають практично все випромінювання в ближній інфрачервоній ділянці спектра, прийнято рішення окремо (додатково) ідентифікувати водні об'єкти за ближніми інфрачервоними каналами кожного із супутникових знімків.

Порядок визначення був наступним. Спочатку оцінювалась інтенсивність відбитого водними об'єктами випромінювання для кожної з ділянок. Далі здійснювалась перекласифікація зображень, де водним об'єктам присвоювалось значення 1, решті території 0. Фрагменти вхідного та результуючого зображень наведено на рис. 21.29.

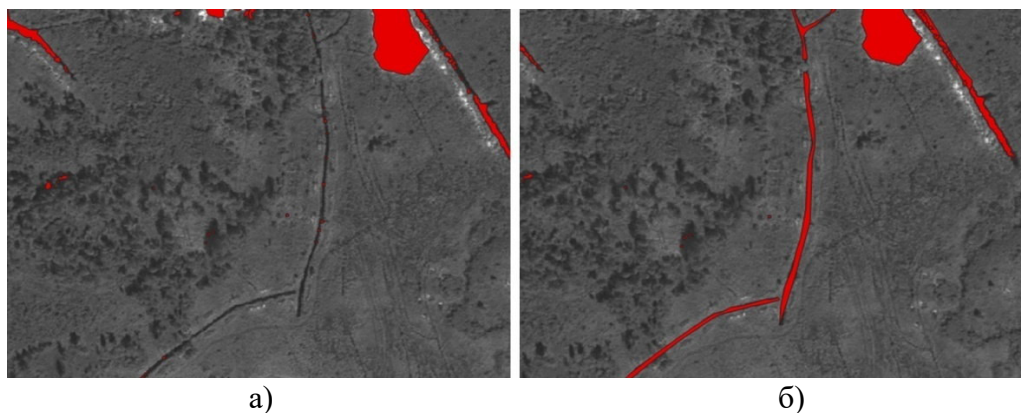


Рис. 21.29. Результати після додаткової ідентифікації каналів: а) до опрацювання; б) після опрацювання

Для ідентифікації порушених земель під рослинним покривом слід залучати часові ряди знімків на задану територію.

Загалом, усі внесені зміни представлено на уточненій моделі послідовності дій, процесу опрацювання зображень (рис. 21.30).

#### **21.4. Розроблення методики розрахунку кількісних та якісних втрат природно-ресурсного потенціалу порушених земель**

Розрахунок збитків, завданих державі внаслідок незаконного видобування бурштину, виконують за такими показниками (рис. 21.31) [2]:

- самовільне користування надрами; самовільне зайняття земельної ділянки;
- нецільове використання земельної ділянки;

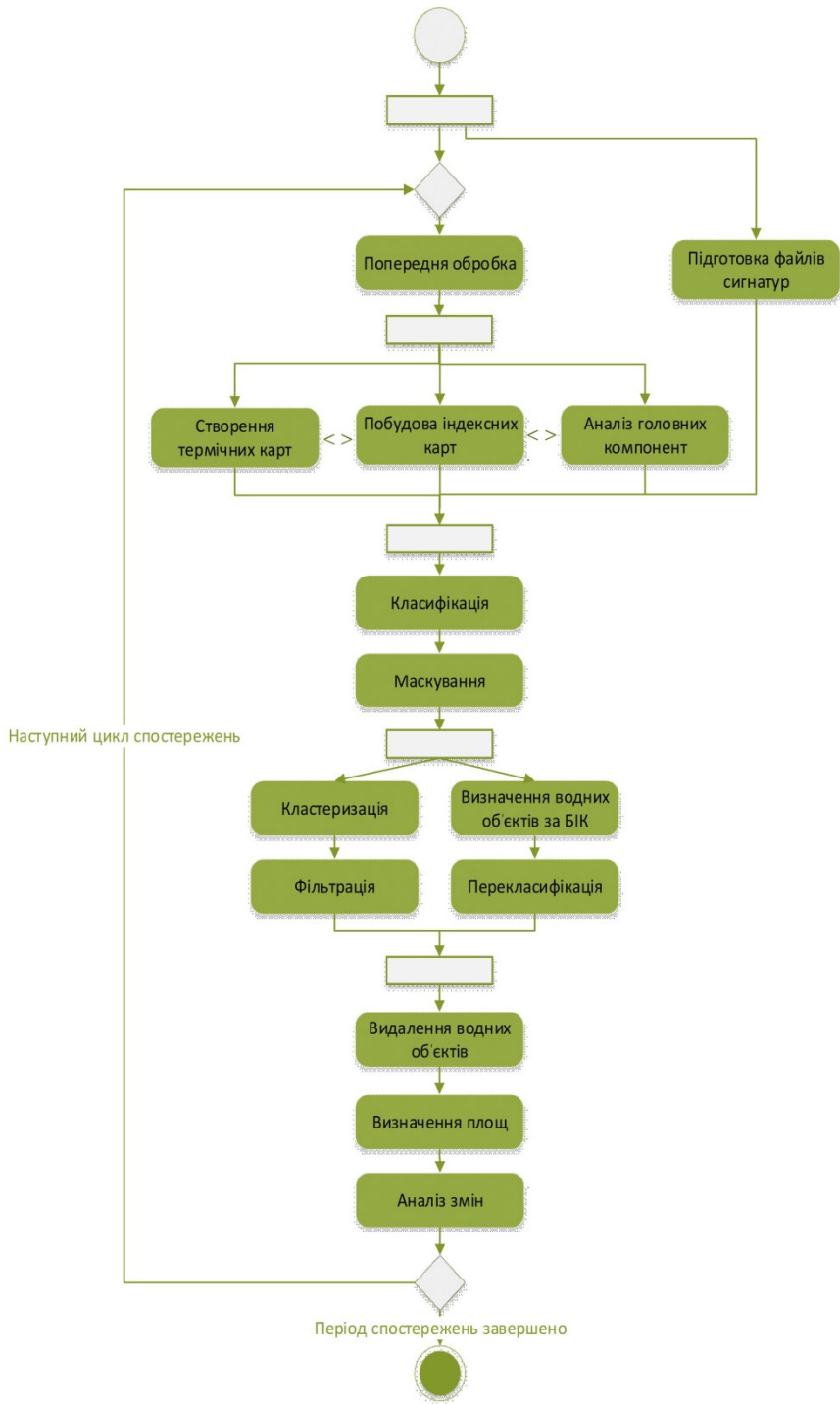


Рис. 21.30. Уточнена методика опрацювання вихідних даних



Рис. 21.31. Розрахунок збитків, завданих державі внаслідок несанкціонованого видобутку бурштину

- зняття ґрунтового покриву (родючого шару ґрунту) без спеціального дозволу;
- засмічення земельної ділянки, а також складування на ній відходів без спеціального дозволу.

Втрат зазнає лісогосподарська та сільськогосподарська сфера виробництва, оскільки їхні землі використовуються не за цільовим призначенням та різко втрачають свій природно-ресурсний потенціал.

Одним із ключових негативних наслідків видобування бурштину є безпосередній вплив на ґрунтовий покрив та його родючість. На більшості територій видобування він зруйнований, а його родючість втрачено. Найгостріші еколого-економічні проблеми, спричинені самовільним видобуванням бурштину, виникли у Рівненській, Волинській та Житомирській областях, де незаконне видобування бурштину здійснюється кар'єрним і гідромеханічним способами.

З метою визначення втрат природно-ресурсного потенціалу територій, де відбувається несанкціоноване видобування бурштину,

розроблено «Методику розрахунку кількісних та якісних втрат природно-ресурсного потенціалу порушених земель». Розроблена методика основана на чинних нормативних документах, що регламентують порядок розрахунку втрат чи шкоди, заподіяної державі та суспільству. Складовими цієї методики є автоматизована ідентифікація та аналіз порушених земель за супутниковими знімками.

За допомогою розробленої ГІС оцінено збитки, завдані державі внаслідок незаконного видобування бурштину на досліджуваній ділянці (район смт Клесів Рівненської області) з 24.03.15 до 12.08.19, на якій було втрачено: – ріллі – 2,00 га; – лісовкритих площ – 96,97 га; – пасовищ – 232,20 га. Для зручності розрахунків розроблено форми, що дають змогу виконати автоматизований розрахунок. Значення площ у них вносяться автоматично, після того, як користувач вибере на екрані раніше ідентифікований і дешифрований контур. Одну з форм, за допомогою якої здійснюють обчислення втрат за окремим показником, яким є використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, наведено на рис. 21.32. Зведену інформацію щодо оцінювання втрат на досліджуваній території за результатами роботи ГІС подано в табл. 21.10.

**Розрахунок розміру шкоди заподіяної внаслідок використання земельних ділянок не за цільовим призначенням**

Розмір заподіяної шкоди Шц визначається за наступною формулою

$$\text{Шц} = \text{Пн} * 0,33 * (\text{Нп} + \text{Нф} * \text{Кр}) * \text{Ко} * \text{Кі}$$

Вхідні параметри

Пн -	<input type="text" value="96.9657"/>	площа земельної ділянки, яка використовується не за цільовим призначенням, га
	0,33 -	коефіцієнт для вираження частки середньорічного доходу(перерозподіляється через державний та місцеві бюджети)
		<a href="#">середньорічний дохід, який можна отримати від використання земель за цільовим призначенням, грн./га</a>
Нп -	<input type="text"/>	
Кі -	<input type="text"/>	<a href="#">коефіцієнт індексації нормативної грошової оцінки земель</a>
Нф -	<input type="text"/>	<a href="#">середньорічний додатковий дохід, отриманий внаслідок фактичного використання земельної ділянки</a>
Кр -	<input type="text"/>	<a href="#">коефіцієнт, що застосовується для врахування регіональної відмінності формування середньорічного доходу, отриманого від фактичного використання земельної</a>
Ко -	<input type="text"/>	<a href="#">коефіцієнт, що застосовується для врахування природоохоронної цінності, наявності обмежень (обтяжень)</a>

Розмір заподіяної шкоди

Очистити

Розрахувати

ОК

Скасувати

Рис. 21.32. Інтерфейс інструмента «Розрахунок шкоди, заподіяної внаслідок використання земельних ділянок не за цільовим призначенням»



Таблиця 21.10

Розрахунок втрат природно-ресурсного потенціалу  
тестової ділянки № 1 (район смт Клесів Рівненської області)  
за період з 24.03.15 по 12.08.19, тис. грн

Вид втрат	Пасовища (232 га)	Лісовкриті площі (97 га)	Рілля (2 га)	<b>Всього</b>
За зняття ґрунтового шару без спеціального дозволу	8750	3656	62	12468
Втрати лісогосподарського та сільськогосподарського виробництва, спричинених обмеженням прав власників землі і землекористувачів	13743	7185	200	21128
Втрат с.г. виробництва спричинених вилученням лісових земель і чагарників	-	6251	-	6251
Розрахунок втрат сільськогосподарського виробництва, спричинених вилученням с/г угідь для використання їх у цілях, не пов'язаних із веденням с/г господарства	3617	-	22	3639
Розрахунок розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельної ділянки	412	650	3	1065
Розрахунок розміру шкоди, заподіяної внаслідок використання земельних ділянок за нецільовим призначенням	696	6398	123	7217
Розрахунок збитків, завданих державі	1149	2750	19	3918
Розрахунок розміру шкоди від засмічення земель при несанкціонованому видобутку бурштину	5030	1549	38	6617
<b>Всього</b>	<b>33397</b>	<b>28439</b>	<b>467</b>	<b>62303</b>

Отже, представлені методики дають можливість автоматизовано визначати за даними космічних знімальних систем:

- просторову локалізацію земель, порушених внаслідок незаконного видобування бурштину;
- площі таких земель та, відповідно, обсяги необхідної рекультивациі;
- кількісні та якісні (лісовкриті площі, рілля, землі водного фонду та ін.) втрати природно-ресурсного потенціалу в грошовому еквіваленті.

### *Література до розділу*

1. Прокопчук А., Янчук О., Савицький А. Моніторинг поверхневої температури водойми охолоджувача Хмельницької АЕС за даними супутника Landsat. *Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених «Geoterrace-2018», 13–15 грудня 2018, Львів, Україна* : зб.

матеріалів / відповід. ред. К. Р. Третяк. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. С. 142–144.

2. Філіпович В. Є. Оперативний контроль поширення нелегального видобутку бурштину та оцінка збитків, заподіяних державі, за матеріалами багатозональної космічної зйомки. *Екологічна безпека та природокористування*. 2015. № 4. С. 91–97.

3. Янчук Р., Дмитрів О., Трохимець С., Прокопчук А. Розроблення методики розрахунку кількісних та якісних втрат природно-ресурсного потенціалу порушених земель внаслідок незаконного видобутку бурштину. *Сучасні досягн. геодез. науки та виробництва*. 2020. № 2(40). С. 93–101.

4. Ідентифікація та моніторинг стану земель нелегального видобутку бурштину / Янчук Р. М., Дмитрів О. П., Остапчук С. М., Прокопчук А. В., Трохимець С. М., Янчук О. Є. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. Київ : НУБІП, 2022. № 1. С. 111–122.

5. Янчук Р. М., Прокопчук А. В., Трохимець С. М. Ідентифікація та визначення площ порушених унаслідок видобування бурштину земель на основі багатозональних супутникових знімків Sentinel-2. *Сучасні досягн. геодез. науки та виробництва*. 2017. № 1(33). С. 120–124.

6. GDAL – Geospatial Data Abstraction Library. URL: <https://gdal.org/index.html> (дата звернення: 22.12.2023).

7. GDAL documentation»Programs»gdal\_pansharpen. URL: [https://gdal.org/programs/gdal\\_pansharpen.html](https://gdal.org/programs/gdal_pansharpen.html) (дата звернення: 22.12.2023).

8. Quantum GIS (QGIS). URL: <http://qgis.org/uk/site/> (дата звернення: 22.12.2023).

9. Ready P., Wintz P. Information Extraction, SNR Improvement, and Data Compression in Multispectral Imagery. *IEEE Transactions on Communications*. November 1973. COM-21(10):1123-1131.

10. SENTINEL Missions. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions> (дата звернення: 22.12.2023).

11. Thermal Infrared Sensor (TIRS). URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/thermal-infrared-sensor-tirs/> (дата звернення: 22.12.2023).

12. What is a scatter diagram? URL: <https://asq.org/quality-resources/scatter-diagram> (дата звернення: 22.12.2023).

13. Development of geoinformation system for identification and time monitoring of damaged lands due to illegal extraction of amber / Yanchuk O., Dets T., Dmytriv O., Ostapchuk S., Prokopchuk A., Trokhymets S., Yanchuk R. *Geodesy and Cartography*. Vilnius, 2020. Vol. 46(3). P. 136–144. (SCOPUS) DOI: 10.3846/gac.2020.9698

## **22. РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ВНАСЛІДОК НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ У ЛІСАХ ПОЛІССЯ**

### **22.1. Загальна характеристика порушених земель**

Проблема незаконного видобутку бурштину в лісових угіддях Українського Полісся (Волинська, Рівненська та Житомирська області) існує понад 15 років, але особливо актуальним предметом суспільної уваги вона стала в останні роки завдяки зусиллям громадськості та засобам масової інформації (ЗМІ).

Як відомо, бурштин видобувають в Україні на землях, зайнятих лісами, болотами, водно-болотними угіддями, а також на землях різного сільськогосподарського призначення, таких як сінокоси, луки, пасовища та орні землі. Несанкціоноване видобування бурштину призведе до часткового або повного знищення цих природних об'єктів та їхніх природоохоронних функцій.

Переважає більшість лісів Полісся України складається з хвойних (сосна звичайна), твердолистяних і м'яколистяних (дуб, береза, вільха, осика, ясен, ялина та липа). У результаті процесу фотосинтезу 1 га стиглого лісу виділяє кисень і поглинає до 8 кг вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) за годину. Один гектар лісу може виділити до п'яти кілограмів фітонцидів і відфільтрувати до 70 т пилу протягом року [1–3].

За своїм екологічним значенням ліси, як і території, вкриті деревною та чагарниковою рослинністю, виконують санітарно-гігієнічні, водоохоронні, рекреаційні, оздоровчі, виховні, естетичні та інші функції. У лісових масивах зростає значна кількість рідкісних видів, що занесені до Червоної книги України.

Станом на сьогодні в Україні налічується до 300 тис. громадян, які здійснюють несанкціонований видобуток та/або реалізацію бурштину. Незаконна діяльність таких «копачів» завдає серйозних економічних втрат державі та суспільству, супроводжується погіршенням соціального клімату, призводить до деградації значних площ лісових угідь, погіршення екологічної ситуації. Оскільки порушені біотопи не можуть відновитися у первісному стані природним шляхом, без втручання людини, вони потребують рекультивативної діяльності.

До основних причин несанкціонованого видобутку, переробки та реалізації бурштину в умовах України можна віднести наступні:

– поклади бурштину знаходяться відносно близько до поверхні та водних об'єктів та на значній відстані від населених пунктів;

- території є важкодоступними в силу характерного заболочення та густого заліснення;
- недостатня ефективність законодавчих актів та їх дотримання під час врегулювання діяльності;
- високий рівень безробіття;
- низький рівень екологічної свідомості місцевого населення;
- визнання бурштину дорогоцінним камінням (постанова КМУ 1993 року).

Держава, в особі центральних та місцевих органів влади, як законодавчої, так і виконавчої, змушена докладати зусилля для вирішення зазначеної проблеми, однак помітних зрушень наразі не досягнуто.

Одним з напрямів втручання у ситуацію з боку державних органів та громадськості є діяльність з практичної реалізації реабілітації порушених ділянок. З цією метою Кабінет Міністрів ухвалив постанову КМУ від 30.11.2016 № 1063, якою затверджено «Порядок реалізації пілотного проекту рекультивациі земель лісогосподарського призначення, порушених внаслідок незаконного видобування бурштину». Згідно з цією постановою наказом Держлісагентства України від 21.04.2017 № 138 було встановлено «Перелік земель лісогосподарського призначення, у межах яких є частини, які порушені внаслідок незаконного видобування бурштину і потребують рекультивациі», до якого було включено 2046 порушених ділянок загальною площею 30037,6 га. Тому питання рекультивациі порушених земель внаслідок незаконного видобування бурштину є беззаперечно актуальним.

Предметом досліджень є оцінка екологічного стану лісових угідь, порушених внаслідок незаконного видобування бурштину, які потребують рекультивациі.

Об'єктом досліджень є лісові ділянки Рівненської області, порушені внаслідок нелегального видобування бурштину.

Метою досліджень є оцінка загального екологічного стану порушених угідь та встановлення прийнятних напрямків їх рекультивациі.

Територія, на якій розташовані порушені лісові угіддя, знаходиться у західній частині зони мішаних лісів, яку називають Українським Поліссям Східноєвропейської рівнини у межах області Волинського Полісся (рис. 22.1).

Українське Полісся – своєрідна фізико-географічна провінція зони змішаних лісів Східноєвропейської рівнини. Поверхня відрізняється незначним ступенем розчленованості рельєфу, загальним нахилом на північ, значною залісненістю (соснові та мішані листяні ліси), заболоченістю, наявністю густої мережі водотоків, з чітким поділом на вододільні і річкові долини.

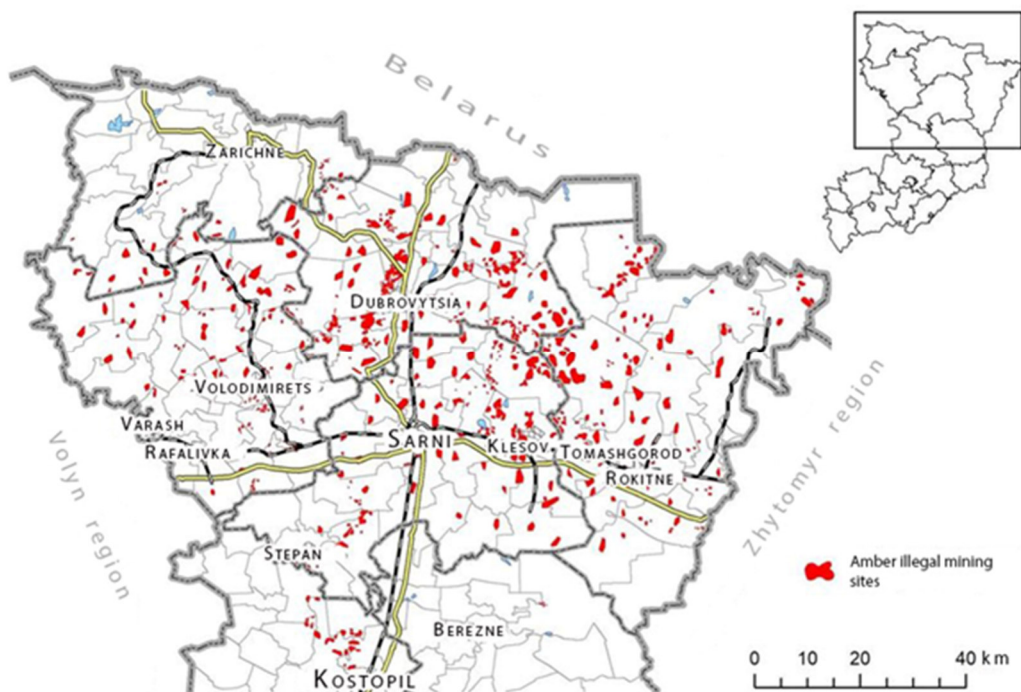


Рис. 22.1. Позиціонування ділянок незаконного видобутку бурштину на території Рівненської області

Клімат території помірно континентальний з теплим літом, м'якою зимою та значною кількістю опадів. Максимальна кількість опадів випадає в червні–липні, мінімальне у січні–лютому. У дощові роки кількість опадів досягає 900 мм. Загальна кількість днів з опадами–160–190. Середньорічна відносна вологість повітря становить 80%, середньорічна температура повітря 6,6–7°, максимальна середньомісячна температура повітря 17–19° зафіксована в липні, мінімальна (-6°) – у січні.

Переважають дерново-підзолисті, піщані, супіщані, а також болотні ґрунти. Болотні масиви і заболочені ділянки займають значні площі, чому сприяють фізико-географічні умови, характер рельєфу та гідродинамічні особливості району.

В геоструктурному відношенні територія розташована в межах північно-західної окраїни Українського кристалічного масиву і характеризується наявністю двох структурних поверхів: нижнього, представленого кристалічними породами фундаменту, і верхнього, складеного горизонтально залягаючими осадовими утвореннями. Кристалічний фундамент утворений комплексом найдавніших метаморфічних і магматогенних порід, що належать за своїм віком до архею і протерозою.

Ґрунтовий покрив порушених земель відзначається великою різноманітністю як за генезисом, механічним складом, водно-фізичними властивостями, так і за родючістю.

Відносна рівнинність території цього району, незначний стік ґрунтових вод зумовили утворення великих площ болотних ґрунтів. На мало підвищених ділянках утворились дерново-підзолисті ґрунти, а на більш підвищених переважають сипкі піски. Болотні ґрунти займають тут 50% площі району, дерново-підзолисті – 29%, дернові – 6%, лучні – 5%, піщані горби близько – 10%.

Досліджувана територія покрита лісом (береза, граб, вільха, сосна) з характерною чагарниковою та моховою рослинністю (табл. 22.1).

Таблиця 22.1

Видовий склад лісового фонду у розрізі лісових господарств регіону

Лісове господарство	Сосна, га	Дуб, га	Береза, га	Вільха, га	Ялина, га	Граб, га
Березнівський	34082,2	2379,7	6263	4569	85	226
Володимирецький	46947,5	2479,7	11822,9	12724,4	382	203
Дубровицький	27516,8	2205,1	8839,4	3746,1	147,2	134
Зарічненський	20210,7	1349,4	5023,6	5752,4	235,4	97
Клесівський	34069,5	1191,2	7263,7	2607,7	125,2	14,8
Костопільський	19328,8	3116,3	4266,6	4754,9	307,8	104,8
Рокитнівський	35760,4	736,8	6382,7	2138	93,7	57,3
Сарненський	27461,5	1246	6030,1	4017,3	144,7	64,7

Для візуалізації динаміки зміни лісового покриву нижче наведено архівні та прогнозні, в разі відсутності законодавчого врегулювання питання, дані зміни земного покриву кварталу № 59 Дубровицького лісництва (табл. 22.2, рис. 22.2).

Таблиця 22.2

Динаміка зміни лісового покриву кварталу № 59  
Дубровицького лісництва у % від загальної площі

Тип території / рік	2009	2015	2017	2024
Територія добування бурштину	0,1	2,6	2,3	3,5
Поверхня, мало та/або не покрита рослинністю	3,1	13	12,9	14
Поверхня, покрита низькорослою рослинністю	0,3	2	2	4,5
Широколистяний ліс	65,5	61,1	58,6	58,2
Хвойний ліс	31	21,2	24,1	19,7

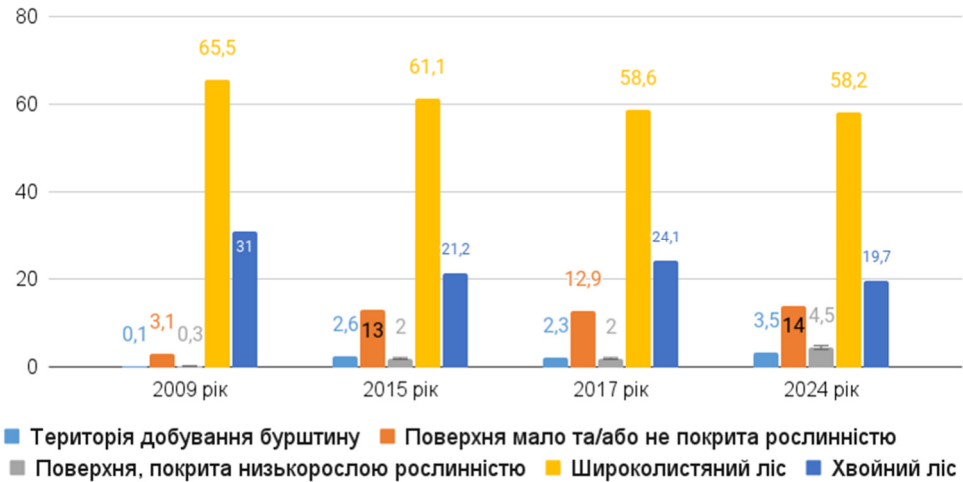


Рис. 22.2. Динаміка зміни лісового покриву кварталу № 59  
Дубровицького лісництва

## 22.2. Негативні екологічні наслідки незаконного видобутку бурштину

Цілком очевидно, що поширені методи незаконного видобутку бурштину, такі як шурфування, підземне гідровимивання та гідророзмив по шурфах, мають значний негативний вплив на екологічний стан територій розробки.

Незаконний видобуток є неконтрольованим, і це стосується як сировини, так і наслідків видобутку, які включають порушення природних територій. Всі частини природи тісно пов'язані одна з одною, як складна система. Таким чином, порушення геологічного середовища обов'язково

впливає на сусідні середовища [4–6].

«Кустарне» вилучення бурштину з надр Полісся здійснюється, як правило, індивідами або організованими групами осіб, за відсутності документів, необхідних для розробки родовищ або покладів даного виду корисних копалин відповідно до чинного законодавства. Таким чином, існує два основні методи видобутку бурштину: шурфування та підземне гідровимивання, які залежать від геологічних умов. Використання певного підходу визначається набором факторів, наведених нижче:

- глибиною залягання бурштиновмісних покладів;
- глибиною залягання ґрунтових вод та наявністю пливунів;
- придатністю бурштиновмісних покладів до розмиву;
- вмістом бурштину в бурштиновмісних покладах.

Шурфами розробляються, як правило, бурштинові поклади з неглибоким (в середньому до 5 м) заляганням в зоні аерації, серед яких найменше пливунів, а також багаті розсипи у водотривких глинистих відкладах, що не піддаються гідророзмиву. Поклади, що залягають глибше, серед водопроникних відкладів, охоплених пливунами, розробляються способом підземного гідровимивання.

Видобуток бурштину способом шурфування становить в середньому близько 55% від всіх охоплених кустарними промислами продуктивних бурштиноносних пластів олігоцену. Даний спосіб полягає в проходці з денної поверхні різних за поперечним перерізом і конфігурацією вертикальних гірничих виробок серед четвертинних і олігоценових відкладів, націлених на розкриття в надрах (часткове або на повну потужність) бурштиноносних горизонтів і механічне вилучення при цьому кускового бурштину з викидів гірничої маси. Шурфи здебільшого копаються вручну штиковими та совковими лопатами із застосуванням інших аналогічних за простотою засобів. Саме тому цей спосіб є піонером у кустарному видобуванні бурштину в Українському Поліссі.

Під час використання методу шурфування для видобування бурштину трав'яний і чагарниковий яруси лісу повністю знищуються, а коренева система дерев значно пошкоджується, а іноді дерева спилюються та викорчуюються. За нестачі ґрунту та через пошкодження коренева система не здатна втримувати стовбур у вертикальному положенні і дерева нахиляються або взагалі падають під власною вагою (рис. 22.3). При цьому можуть пошкоджуватись сусідні рослини, гине підлісок. З часом більшість дерев гине. У таких районах майже повністю відсутній основний ґрунтовий покрив. Натомість велика кількість шурфових ям значно зменшує площу для розвитку насіння, а отже, молодого лісу. Таким чином, сучасний ліс знищується, а умови для його відновлення відсутні.



Останніми роками копачі почали застосовувати попередню розвідку надр за допомогою шнекового буріння свердловин, щоб підвищити ефективність шурфування. Якщо під час буріння виявлено бурштин або збагачені органікою алеврити та глини чорного кольору, то на відстані 0,5–5,0 м навколо пошукової свердловини бурять ще чотири свердловини, щоб встановити напрямок простягання «жили» (так копачі називають продуктивні лінзи збагачених органічною речовиною порід з багатими розсипами бурштину). Таким чином, бурштиновий шлейф оконтурюється і копачі можуть закладати шурфові ями, не виходячи за межі бурштинового розсипу.



Рис. 22.3. Рослинність на Рівненщині після незаконного видобутку бурштину

Проходка шурфів в умовах Полісся копачами виконується без попереднього складування дерново-підзолистих ґрунтів рослинного шару. Інколи до копання шурфів залучають технічні засоби, на кшталт малооб'ємних екскаваторів чи бульдозерів, що знімають розкривні породи, якими є непродуктивні четвертинні відклади.

Зазвичай бурштиноносні піщані відклади олігоцену містять водонапірні пливуні, які значно ускладнюють, а іноді й повністю унеможливають, проходження шурфів. У зв'язку з пливунями розробка

продуктивного горизонту обмежується затопленням, оскільки існує ризик обвалення стінок. У результаті цього копачі розробляють переважно верхню частину бурштиновміщуючого шару, а основний об'єм продуктивного горизонту взагалі не задіяний під час руйнування шурфа.

При гідропомповому видобуванні бурштину спостерігається схожа, але водночас інша картина (рис. 22.4). При цьому можна розглядати два види негативних наслідків. Перший – це створення воронкоподібних порожнин в ґрунті, його перекривання намитим матеріалом; другий – порушення гідрогеологічного режиму даної території за рахунок надходження великих об'ємів води. Механічний вплив призводить до того, що ґрунт просідає та залягає під шаром піщанисто-глинистого матеріалу. Додаткове зволоження технологічними водами підвищує рівень ґрунтових вод протягом тривалого періоду часу [7–9].



Рис. 22.4. «Місячний рельєф» після гідропомпового методу незаконного видобутку бурштину

Таким чином, коренева система дерев не може зберігати рівновагу в розрідженому піщанистому ґрунті через дії цих факторів. Крім того, піднятий рівень ґрунтових вод перешкоджає проникненню кисню до коренів і вони гинуть від перезволоження. Коли кількість загиблого коріння доходить до критичної межі, рослина гине повністю. Відмінність

гідропомпового методу полягає лише у тому, що ґрунт та порода не переміщуються у відвали, а рівномірно розповсюджуються по території потоками води, створюючи умови для подальшого самовідновлення лісу.

Підземне гідровимивання є комплексом заходів, спрямованих на видобуток бурштину з надр. Це досягається шляхом дезінтеграції та руйнування продуктивної бурштиноносної товщі напірним струменем води, після чого шматки бурштину виносяться на денну поверхню. Даний спосіб прийшов в Україну на початку 90-х років минулого століття з сусідньої Польщі. Його суть полягає у вертикальному розмиванні піщанисто-глинистих гірських порід напірними водами та піднятті бурштину разом з висхідними потоками пульпи.

Для гідророзмиву використовуються гідропомпові агрегати. Ці агрегати складаються із забірної, подавальної та нагнітальної частини. Джерелом збору води є пожежний шланг великого діаметра (140 мм), який опускається у водний об'єкт. Потужний гідронасос, який базується на двигунах автомобілів BMW, Audi, Mercedes і Volkswagen, і пожежний шланг діаметром 100 мм довжиною 20–300 м (від 500 до 800 м) з редуктором на кінці. Гумовий шланг малого діаметра (80 мм) з циліндричним сталевим наконечником – брандспойтом, який має міцні гострокутні зубці на кінці. Така конструкція дозволяє створювати напір води з витратою 800–1800 л/хв на виході з наконечника та розмивати щільні алевритисті та глинисті породи.

При здійсненні кустарного видобутку бурштину «пробну розвідку» перспективної ділянки найчастіше проводять не шнековим буром, а самим гідропомповим агрегатом, закладаючи пробні свердловини по профілю або навмання. Застосування такого пошукового методу в народі називають – «биття пробок». Таким чином, копачі по візуально оціненому виходу бурштину відразу ж дізнаються про перспективність того чи іншого покладу і економічну доцільність його розробки.

Спосіб підземного гідровимивання бурштину порівняно із шурфуванням має низку переваг та недоліків. Перевагами є його високі продуктивність і оперативність у застосуванні, тобто за один і той же час гідророзмивом можна покрити площу в десятки раз більшу і, відповідно, видобути більше бурштину, ніж шурфами. За такого способу розвідка і видобування бурштину об'єднані, що економить матеріальні ресурси і зусилля копачів.

Недоліками гідроспособу є те, що він напряму залежить від джерел водопостачання. Така умова застосування визначає і сезонність гідропомпового видобутку бурштину, коли в маловодні періоди року вода на бурштиноносних ділянках у водоймах відсутня, або її обмаль. Цей недолік частково усувається створенням копачами на водотоках штучних дамб, що затримують і накопичують необхідний запас води. До недоліків

видобутку бурштину способом підземного гідровимивання розмиву можна також віднести і невисокий відсоток виходу бурштину по відношенню до природної його концентрації.

Комбіноване видобування бурштину копачі застосовують у разі його вилучення з продуктивного горизонту способом підземного гідровимивання на місці попередніх шурфових покопів. Такий видобуток відбувається на тих ділянках, де гідрогеологічні умови не дозволили в достатній мірі розробити продуктивний горизонт шурфуванням, або де ділянка з великим вмістом бурштину розкопана слабо чи не суцільно. В першому випадку здійснюється вилучення бурштину з нижньої непорушеної частини бурштиноносного шару та міжшурфового простору. В другому – розмивається переважно міжшурфовий цілик, а також днище шурфа до підшови бурштиновміщуючих порід.

На основі аналізу стану порушених ділянок було встановлено, що видова подібність флористичного складу більшості лісових угруповань після видобування бурштину на досліджених ділянках є дуже низькою.

Слід відзначити, що для видобування бурштину помпами, були прокопані глибокі канали, які дрениують ліси на значних площах, що призводить до зміни гідрологічного режиму території та ослаблення екологічної стійкості лісових екосистем [10–12].

Також було виявлено, здебільшого кількість видів рослин на порушених ділянках була меншою у порівнянні з вихідними фітоценозами. Це свідчить про загальне знищення фіторізноманіття внаслідок незаконного видобування бурштину.

### **22.3. Відомі етапи та напрями рекультивації**

Рекультивація земель – це здійснення різноманітних робіт, метою яких є не тільки часткове перетворення природних територіальних комплексів, порушених промисловістю, але й створення на їх місці ще більш продуктивних і раціонально організованих елементів культурних антропогенних ландшафтів, тобто в кінцевому рахунку оптимізація техногенних ландшафтів, поліпшення умов навколишнього природного середовища.

У Стислому тлумачному словнику з рекультивації земель (1980) розрізняють такі терміни: тимчасова рекультивація земель, постійна рекультивація земель та рекультивація ландшафтів.

Тимчасова рекультивація здійснюється на землях, де у перспективі планується зміна їх використання. Ця рекультивація, як правило, зводиться до озеленення і закріплення поверхні від ерозії, а також дотримання санітарно-гігієнічних норм.

Постійна рекультивація здійснюється на землях, де не передбачена зміна попереднього використання земель.

Рекультивація ландшафтів – це рекультивація земель, яка не обмежується лише локальними заходами стосовно «приведення до ладу» окремих порушених ділянок, а передбачає комплексне перетворення порушених земель у загальній системі заходів щодо оптимізації техногенних ландшафтів.

На сучасному етапі розвитку продуктивних сил суспільства багато вітчизняних і зарубіжних науковців рекультивацію порушених земель розглядають як комплексну проблему відновлення продуктивності та реконструкції ландшафтів, порушених промисловістю, створених на місці «промислових пустель» нових культурних ландшафтів.

Державний стандарт «Охорона природи. Рекультивація земель. Терміни і визначення» трактує рекультивацію як комплекс робіт, спрямованих на відновлення продуктивності та народногосподарської цінності земель, а також поліпшення умов навколишнього середовища.

Всі процеси рекультивації порушених земель поділяють на два основні етапи: гірничотехнічний і біологічний. Проте у практичному плані більш виправданим вважають визначення трьох етапів: підготовчий, гірничотехнічний та біологічний.

Підготовчий, або проєктно-вишукувальний, етап включає в себе обстеження і типізацію порушених земель та земель, які підлягають порушенню; вивчення властивостей розкритих порід і класифікацію їх щодо придатності для біологічної рекультивації; визначення напрямів і методів рекультивації; складання техніко-економічних обґрунтувань (ТЕО) і технічних робочих проєктів з рекультивації.

Гірничотехнічний, або інженерний етап, який ще називають технічною або гірничотехнічною рекультивацією, передбачає виконання робіт щодо підготовки земель, що звільнилися після гірничих розробок родовищ до подальшого цільового використання в народному господарстві. В цей етап виконують наступні роботи:

- селективне зняття, складування і збереження придатних для біологічної рекультивації розкритих порід, у тому числі родючий шар ґрунту;
- селективне формування відвалів розкритих порід;
- за потреби планування і покриття спланованої поверхні шаром родючого ґрунту або потенційно родючих розкритих порід;
- засипання і планування деформованих поверхонь (провали, карстові лійки та ін.);
- влаштування під'їзних доріг;
- меліоративні та протиерозійні заходи.

При рекультивації порушених земель лісогосподарського призначення, яка розглядається у даному розділі, технічний етап включатиме лише роботи, пов'язані зі збереженням та повторним використанням родючого ґрунту (за наявності останнього), планування поверхні, а також (за потреби) хімічну меліорацію та упорядкування дренажних мереж.

Біологічна рекультивація – це комплекс заходів щодо створення сприятливого водно-повітряного та поживного режимів ґрунту для сільськогосподарських і лісових культур. Комплекс заходів біологічної рекультивації земель визначається фізико-хімічними властивостями підстилаючих порід і нанесеного родючого шару ґрунту або потенційно родючої породи. Цей комплекс охоплює запровадження сівозмін, насичених культурами на сидеральне добриво, внесення підвищених норм органічних і мінеральних добрив, мульчування тощо.

Напрямки рекультивації визначають кінцеве використання порушених земель після проведення відповідних гірничотехнічних, інженерно-будівельних, гідротехнічних та інших заходів. Їх вибирають на основі комплексного врахування таких факторів:

- природні умови району розробки родовища (клімат, типи ґрунтів, геологічна будова, рослинність, тваринний світ та ін.);
- стан порушених земель до моменту рекультивації (характер техногенного рельєфу, ступінь природного заростання та ін.);
- мінералогічний склад, водно-фізичні та фізико-хімічні властивості гірських порід;
- агрохімічні властивості (вміст поживних речовин, кислотність, наявність токсичних речовин та ін.) порід та їх класифікація за придатністю для біологічної рекультивації;
- інженерно-геологічні та гідрологічні умови;
- господарські, соціально-економічні, екологічні та санітарно-гігієнічні умови;
- термін служби рекультиваційних земель (можливість повторних порушень і їх періодичність);
- технологія і механізація гірничих і будівельно-монтажних робіт.

Найпоширенішими є наступні напрями рекультивації порушених земель:

- сільськогосподарський;
- лісогосподарський;
- водогосподарський;
- рекреаційний;
- санітарно-гігієнічний;
- будівельний.

## 22.4. Можливий варіант рекультивації на порушених землях

Роботи з рекультивації полягають у здійсненні комплексу організаційних, технічних і біотехнологічних заходів, спрямованих на відновлення ґрунтового покриву, поліпшення стану та продуктивності порушених земель лісогосподарського призначення, створення нових насаджень (біологічна рекультивація).

Рекультивація порушених земель лісового господарства спричиняє безпосередній (прямий) вплив на такі компоненти довкілля:

- ґрунтовий покрив;
- рослинний покрив;
- ґрунтовий (перший від поверхні) водоносний горизонт, включаючи умови інфільтрації опадів та вод сніготанення;
- рельєф місцевості, включаючи умови поверхневого площинного стоку опадів та вод сніготанення.

Враховуючи, що існуючі параметри всіх вищеназваних компонентів довкілля суттєво погіршені та знаходяться під дією тривалої деградації або, навіть, близькі до таких, що повністю втратили свій природний потенціал (верхній шар ґрунту, ґрунтові води, деревостан), а рекультивація спрямована на їх максимально можливе відновлення, можна з упевненістю констатувати, що в цілому запланований перелік робіт не спричиняє жодних негативних впливів на довкілля.

Підготовчі роботи повинні включати видалення залишків порушених деревостанів, іншої багаторічної рослинності, яка зазнала впливу від незаконної діяльності з видобування бурштину, корчування пнів тощо.

Ймовірно, що частина деревини (гілки, чагарник, порубочні залишки тощо) може спалюватись на місці робіт, що буде негативним наслідком забруднення атмосферного повітря викидами.

Під час підготовчого етапу проводять обстеження і типізацію порушених земель, вивчають властивості розкривних порід щодо їх придатності для біологічної рекультивації; визначають напрямки і методи рекультивації; складають техніко-економічних обґрунтування і технічні робочі проекти з рекультивації.

До підготовчих робіт також належить видалення і складування верхнього родючого (гумусового) шару ґрунту разом з ліською підстилкою у місцях, де вони не порушені (не замиті при роботі мотопомп). Збережений ґрунт використовується у подальшому при відтворенні насаджень.

Обмеження у використанні лісових земельних ділянок під час підготовчих робіт обумовлені необхідністю дотримання порядку

проведення вирубки дерев у положеннях природоохоронного законодавства України у сфері лісового господарства.

Роботи безпосередньо з рекультивації умовно можуть бути розділені на три етапи:

1. Геологічне вивчення, у тому числі дослідно-промислова розробка (ДПР), включно з вилученням виявленого залишкового бурштину.
2. Технічна рекультивація земель.
3. Біологічна рекультивація земель.

ДПР та технічна рекультивація здійснюються у єдиному комплексі робіт: завершальною стадією ДПР на кожній ділянці є її технічна рекультивація, яка включає планування, меліоративні заходи, утилізацію відходів тощо.

На певних стадіях робіт для переміщення ґрунту у відвал та планування поверхні використовується бульдозер. У деяких випадках може використовуватися колісний вантажний транспорт (автосамоскид).

Для накопичення розкритих та відпрацьованих ґрунтових піщаних мас створюються тимчасові відвали; для резерву води – зумпфи.

Вся важка техніка, яка планується для використання, має відповідність сучасним європейським вимогам у галузі екології для позашляхових машин (щодо викидів, шуму, енергоємності тощо).

Під час технічного етапу проводять планування поверхні, насипання шару родючих ґрунтів або умовно-родючих розкритих порід. Мета етапу – створення прийнятних умов для зростання деревно-чагарникової рослинності.

Порушені землі приводяться в придатний стан в ході проведення технологічних робіт, або не пізніше, як за рік після завершення ДПР.

Технічний етап рекультивації після завершення ДПР родовища включатиме наступний комплекс робіт:

- селективне формування відвалів;
- планування поверхні;
- хімічна меліорація;
- покриття спланованої поверхні шаром родючого ґрунту або потенційно-родючими породами;
- інженерне обладнання території (дороги, виїзди).

Після завершення етапу ДПР і технічної рекультивації мають бути проведені спеціальні агроекологічні та агрохімічні дослідження для встановлення показників забруднення ґрунтів, їх родючості (вміст гумусу), хімічних та органічних властивостей тощо. За результатами цих досліджень необхідно буде підготувати рекомендації щодо комплексу необхідних агрохімічних і агрокультурних заходів та встановити дендроплан насаджень.



До початку біологічної рекультивації площі необхідно витримати протягом 2-3 років, або засівати однорічними культурами для збагачення ґрунту поживними речовинами (бобові, люцерна тощо). Метод відновлення родючості обирається після вивчення стану ґрунтів.

Під час біологічного етапу проводяться заходи, спрямовані на створення високопродуктивних, стійких лісових біогеоценозів, які є важливим і сприятливим чинником впливу на навколишнє середовище.

Біологічна рекультивація охоплює комплекс агротехнічних і фітомеліоративних заходів для підвищення родючості порушених земель.

Лісова рекультивація передбачає вирощування на рекультивованих землях певного набору лісових культур.

Біологічна рекультивація включає комплекс заходів щодо створення водно-повітряного і поживного режимів для лісових порід. Вона рекультивація передбачає:

- введення сидеральних сівозмін;
- внесення підвищених норм органічних та мінеральних добрив;
- мульчування;
- глибоке рихлення.

Меліоративні заходи на верхньому шарі ґрунту повинні бути максимально ефективними з метою скорочення термінів окупності затрат на рекультивацію.

Відомо, що одним із найбільш поширених напрямків рекультивації земель є лісова рекультивація. Проведення такого напрямку рекультивації на порушених землях дозволяє створити лісові насадження різного типу і цільового призначення, що сприяє оздоровленню природного середовища, покращенню санітарно-гігієнічних умов життя людини, при цьому збільшуються площі земель лісового фонду. Процес природного відновлення екосистем на порушених землях починається практично за майже повної відсутності живих компонентів. Утворені порожні екологічні ніші спочатку заселяються мікроорганізмами, грибами і водоростями, потім відбувається їх заселення вищими рослинами, яке проходить спонтанно і без участі людини. Необхідно зауважити, що цей природний процес формування екосистем дуже тривалий, тому виникає потреба у штучному відновленні рослинного покриву.

Поетапна лісова рекультивація, як правило, проводиться у більшості країн, а пряма рекультивація проводиться лише на найбільш багатих ґрунтах. При поетапній лісовій рекультивації спочатку садять ґрунтопокращуючі породи, а потім відбувається заміна її на більш цінні лісові деревні породи. Заходи з лісовідновлення залежать від багатьох взаємопов'язаних факторів, до яких можна віднести:

- фізико-географічні та кліматичні особливості місцевості;

- фізико-хімічні властивості ґрунтового покриву та підстилаючих гірських порід;
- площа порушеної території;
- лісогосподарське використання території до моменту порушень;
- перспективне цільове використання відновленої території;
- обсяг капітальних затрат на лісофітомеліоративні та рекультиваційні заходи;
- наявність матеріально-технічних ресурсів;
- соціальний ефект фітомеліоративних та рекультиваційних робіт.

Відновлення лісової рослинності на порушених землях у значній мірі залежить від придатності ґрунтів та потенційно родючих порід для створення рослинного покриву, що безпосередньо впливає на сам технологічний процес. Ґрунтова суміш, яка утворилась після незаконного добування бурштину, помітно відрізнятиметься від попереднього складу ґрунтів за своїм фізико-хімічним складом. В цьому випадку важливим чинником є проведення відповідних досліджень. При цьому, до основних критеріїв родючості необхідно віднести: гранулометричний склад, водно-фізичні особливості, показники ступенів засоленості та кислотності, забезпеченість гумусом та елементами живлення. Також важливо передбачити для умов кожного еко типу набір відповідних видів деревних порід, оскільки відтворення лісового середовища, максимально схожого до первісного, є головною метою робіт.

Як зазначалося вище, рекультивація передбачає проведення підготовчого, технічного та біологічного етапів робіт.

Найважливіший, біологічний етап, полягає у створенні штучних лісових насаджень різного цільового призначення (захисно-меліоративних, озеленувальних, плантаційних та ін.) і виконується підприємствами лісового господарства після гірничотехнічної рекультивації. Даний етап включає заходи щодо відновлення родючості порушених земель з метою вирощування на них сільськогосподарських і лісових культур. Необхідно якомога швидше приступати до проведення біологічного етапу рекультивації, з метою запобігання ущільненню відсипаних або розрівняних гірських порід, погіршенню їх властивостей і розповсюдженню бур'янів та проявів водної та вітрової ерозії.

Біологічна рекультивація порушених земель залежить від складу і властивостей порід і ґрунтів, фізико-географічних умов середовища і характеру подальшого використання рекультивованих земель. А розкриті породи і ґрунти класифікують за придатністю до біологічної рекультивації на: придатні, малопродатні і непродуктивні.

При біологічній рекультивації широко використовують трав'янисті рослини. Вони швидко закріплюють поверхню ґрунтосуміші та сприяють

припиненню вітрової та водної ерозії. Крім того, трав'янисті рослини активізують ґрунтоутворюючий процес на відвалах. Видовий склад рослин, що застосовуються при створенні рослинного покриву на порушених землях, визначається природно-кліматичними факторами та водно-фізичними властивостями ґрунтосуміші. Загальні властивості для більшості ґрунтосумішей порушених земель – безструктурність, поганий гідрологічний режим та бідність на поживні речовини.

Зазначимо, що головним механізмом перетворення ґрунтової суміші в літоземи (ембріоземи) є мінералізація і трансформація органічної речовини мікробіологічними процесами. Процес розвитку літоземів (ембріоземів) включає в себе наступні етапи: гумусонакопичення або торфонакопичення, вилуговування карбонатів і винесення легкорозчинних солей, структурна переорганізація твердої фази, вивітрювання первинних матеріалів та оглеєння. Цей процес відбувається доволі повільними темпами.

Необхідно зазначити, що для вирішення проблеми відновлення, стабілізації та охорони природного середовища велике значення мають лісові біогеоценози. Тому вибір напрямку рекультивації порушених земель повинен узгоджуватись з функціональними особливостями ландшафтів.

Досвід рекультивації порушених земель Рівненської області передбачає застосування, після повернення родючого шару ґрунту на поверхню, висівання багаторічного люпину та жита.

Оскільки при незаконному добуванні бурштину родючий шар ґрунту не зберігався взагалі а тільки знищувався, то повернення його на вирівняну поверхню ділянок не вбачається можливим. Тобто середовище для створення первинного рослинного покриву є в цілому несприятливим.

Тому вважається за доцільне після вирівнювання та ущільнення поверхні ділянок здійснити внесення органічних добрив, а саме торфу для підвищення родючості та з метою запобігання ущільнення розрівняних ґрунтових порід і утворення твердої кірки. Торф вноситься рівномірно по всій площі ділянок. Його потрібно рівномірно розподілити по вирівняній поверхні ділянок, в обсязі 30–60 т/га.

Наступним кроком є вирощування люпину багаторічного та буркуну білого для підвищення родючості та захисту соснових саджанців від поширення бур'янів, адвентивних видів трав'янистих рослин та пожеж. Люпин та буркун можливо висіяти в осінній період року. Вводити люпин та буркун потрібно до створення лісових культур. Норма висіву насіння люпину багаторічного становить приблизно 60 кг/га, а буркуну білого – приблизно 30 кг/га.

У подальшому створення лісових культур на порушених землях значною мірою інтенсифікує та прискорює процес ґрунтоутворення, де не

останню роль відіграє породний склад насаджень. При виборі деревних і чагарникових порід для посадки на порушених землях найбільш придатними є аборигенні види, які пристосовані до умов цього регіону.

Після заліснення землі передаються користувачеві для продовження їх використання згідно з цільовим призначенням.

Іншим варіантом, який може бути розглянутий як альтернативний, є переведення лісових ділянок в іншу категорію земель.

Як приклад може розглядатись створення на порушених площах лісового озера з відновленням частини лісових угідь. Така водойма може мати як рекреаційне, так і технологічне призначення – як резервуар для протипожежних чи інших цілей. Перевагою такого варіанта є його нижча собівартість порівняно з варіантом повного відновлення рослинного покриву.

Як альтернативний варіант технології рекультивації можна розглянути виключення етапу ДПР ділянки. Проте відмова від вилучення залишків бурштину робить зусилля з відновлення природного середовища порушених ділянок даремним, оскільки не гарантує уникнення повернення «копачів».

Також, під час натурних обстежень лісових земель, було зафіксовано, що порушення лісової підстилки, верхнього та підстилаючих шарів ґрунту, втручання у верхній водоносний горизонт призвели до повного знищення та суцільної деградації не лише самої підліски та деревної рослинності, але і всіх шарів ґрунту: гумусового, гумусово-аккумулятивного і гумусово-елювіального.

Незаконний видобуток бурштину проводився переважно вручну шанцевим інструментом, а також гідромеханізованим способом на глибину 6–8 м, що призвело до утворення значних площ, порушених шурфами, насипами та викидами піщаної маси потужністю до 1 м і суцільної засипки ними поверхні ґрунтово-рослинного шару. Хаотичне розташування шурфів та видобувних отворів унеможливило ведення робіт з догляду та впорядкування лісу. Механічне втручання у ґрунтові горизонти та гідророзмив ґрунту також призвели до порушення природної системи інфільтрації опадів, утворення численних локальних зон перенасичення вологою з одночасним ущільненням їх периферії, що змінило природні фізико-механічні властивості ґрунтових горизонтів.

Отже, внаслідок земляних робіт з незаконного видобутку бурштину ґрунти зазнали дуже суттєвого впливу: перемішування шарів, обводнення виходами ґрунтових вод та атмосферними опадами, розкриття нижніх горизонтів (гумусово-елювіального, елювіального і, навіть, ілювіального), що призвело до їх контакту з повітрям, сонячною радіацією, опадами і трансформації їх фізико-хімічних властивостей під впливом вітру, температур та зволоження. Як наслідок: легкий мінеральний субстрат

значно ущільнився та зцементувався, а родючий шар втрачений і не може бути відновлений природним шляхом.

Хаотичний характер розміщення порушень ґрунтового шару унеможлиблює проведення окремої рекультивації деградованих ділянок. Необхідна суцільна рекультивація територій всіх порушених виділів з попереднім видаленням всього рослинного покриву і проведенням планувальних робіт на стадії технічної рекультивації.

Вищезазначені фактори суттєво ускладнюють перш за все проведення технічного етапу рекультивації. Механічне засипання отворів та планування поверхні після видалення залишків деревостану створить зони різної щільності, що призведе до утворення численних локальних депресій. Для вирівнювання депресій через рік необхідно буде провести повторне планування поверхні. Відповідно до існуючих методичних рекомендацій після етапу технічної рекультивації необхідно витримати певний період, під час якого стабілізуються ґрунтові маси; такий період повинен тривати не менше 3–5 років (після ДПР – 2–3 роки).

Ефективність можливих альтернативних технічних рішень, наприклад, механічного ущільнення ґрунтів навантаженням та/або періодичним зволоженням, виглядають сумнівно не лише з огляду на великі ресурсо- та енергозатрати, але і через те, що вони не забезпечують необхідної однорідності мінерального ґрунтового субстрату.

Таким чином, видалення залишків лісу та повна розробка ділянок відкритим способом – необхідний етап робіт перед початком рекультивації. Після завершення дослідно-промислової розробки необхідно провести додаткову еколого-експертну оцінку порушених територій. Остаточні проекти технічної та біологічної рекультивації повинні розроблятися з урахуванням висновків такої оцінки.

Таким чином, в результаті досліджень встановлено, що питання рекультивації порушених земель, внаслідок незаконного видобутку бурштину, для запобігання можливої екологічної катастрофи бурштиновмісних територій Рівненської, Волинської, Житомирської областей України є досить гострим і потребує невідкладного вирішення, в першу чергу, на законодавчому рівні.

Встановлено, що рослинні угруповання, які спонтанно та повільно розвиваються на порушених ділянках, відрізняються від вихідних фітоценозів. Крім того, дренажними канавами значно порушений гідрологічний режим, відбувається підсушення території, що зумовлює ослаблення деревостанів, втрату ними екологічної стійкості та негативну динаміку рослинності. Зважаючи на це, необхідним є проведення суцільної рекультивації ділянок, порушених внаслідок незаконного видобутку бурштину.

Дослідженнями також встановлено, що рекультивацію порушених земель доцільно проводити комплексно з дослідно-промисловою розробкою для повного вилучення бурштину, щоб забезпечити рекультивовані землі від несанкціонованих дій у майбутньому. Після завершення дослідно-промислової розробки і технічної рекультивації необхідно провести додаткову еколого-економічну оцінку порушених територій з метою додаткового видобутку бурштину, лісонасадження та використання для сільського виробництва.

### *Література до розділу*

1. Рекультивація порушених земель внаслідок незаконного видобутку бурштину / Маланчук Є. З., Корнієнко В. Я., Волк П. П., Васильчук О. Ю., Семенюк В. В. *Актуальные научные исследования в современном мире* : журнал. Переяслав-Хмельницький, 2018. Вып. 5(37). Ч. 1. С. 87–90.
2. Корнієнко В. Я. Сучасні технології видобутку бурштину з родовищ. *Вісник НУВГП. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне, 2014. Вип. 1 (65). С. 449–457.
3. Промислові технології видобутку бурштину : монографія / Булат А. Ф., Надутий В. П., Маланчук Є. З., Маланчук З. Р., Корнієнко В. Я. Дніпро – Рівне : ІГТМ-НУВГП, 2017. С. 237.
4. Мельничук В. Г., Криницька М. В. Бурштин Полісся : довідник. Рівне : НУВГП, 2018. 236 с.
5. Modern geotechnical methods of management of the process of amber extraction / Malanchuk E. Z., Malanchuk Z. R., Korniyenko V. Ya. *Innovative development of resource-saving technologies of mining of minerals* : multi-authored monograph. Sofia : Publishsing house «St. Ivan Rilsky», 2018. P. 80–103.
6. Physical-mechanical and technological features of amber extraction in the Rivne-Volyn region of Ukraine / Malanchuk Z. R., Soroka V. S., Lahodniuk O. A., Marchuk M. M. *Topical scientific researches into resource-saving technologies of mineral mining and processing* : multi-authored monograph. Sofia : Publishing House “St. Ivan Rilski”, 2020. P. 6–24.
7. Malanchuk Z., Korniienko V., Malanchuk Y., Moshynskiy V. Analyzing vibration effect on amber buoying up velocity. *E3S Web of Conf. Ukrainian School of Mining Engineering*. 2019. Vol. 123. DOI: 10.1051/e3sconf/201912301018
8. Regularities of hydromechanical amber extraction from sandy deposits / Malanchuk Y., Korniienko V., Moshynskiy V., Soroka V., Khrystyuk A., Malanchuk Z. *Mining of mineral deposits*. 2019. Vol. 13, Issue 1. P. 49–57. DOI: 10.33271/mining13.01.049

9. Z. Malanchuk, V. Moshynskiy, Y. Malanchuk, V. Korniienko. Physico-Mechanical and Chemical Characteristics of Amber. *Non-Traditional Technologies in the Mining Industry. Trans Tech Publications Inc. Solid State Phenomena*. 2018. Vol. 277. P. 80–89. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.277>
10. Malanchuk Z., Malanchuk Y., Khrystiuk A. Mathematical Modeling Of Hydraulic Mining From Placer Deposits Of Minerals. *Mining Of Mineral Deposits*. 2016. Vol. 10. Issue 2. P. 18–24. DOI: 10.15407/mining10.02.013
11. Malanchuk Z., Korniienko V., Malanchuk E., Khrystiuk A. Results of experimental studies of amber extraction by hydromechanical method in Ukraine. *Eastern – European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 3. № 10(81). P. 24–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.72404>
12. Nadutyi V., Korniyenko V., Malanchuk Z., Cholyskhina O. Analytical presentation of the separation of dense suspensions for the extraction of amber. *E3S Web Conf. International Conference Essays of Mining Science and Practice*. 2019. Vol. 109. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900059>

## **23. ВИКОРИСТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНИХ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ**

### **23.1. Вплив зміни клімату на низку характеристик джерел систем водопостачання**

Кількість води, доступної для забору для систем водопостачання населених пунктів та промислових підприємств, залежить від величини поверхневого стоку, поповнення підземних водоносних горизонтів, їх характеристик (ступеня ізольованості, глибини залягання, потужності), якості води у джерелі водопостачання. В даний час у світі недостатньо вивчено питання взаємозв'язку поверхневого стоку з підземними горизонтами та швидкістю їх поповнення [1].

Оскільки більшість ґрунтових вод має підживлення за рахунок поверхневого стоку, то в сучасних умовах зміни клімату режими потоку поверхневого стоку будуть впливати на ряд характеристик підземних водоносних горизонтів. Нечисленні дослідження наслідків зміни клімату для ґрунтових вод показують їхню сильну залежність від конкретного місця та від конкретної моделі клімату [2]. У роботі [1] вказані можливі наслідки зміни клімату як для джерел, так і для систем водопостачання.

У разі випадання сильних опадів виникають несприятливі наслідки для якості поверхневих та ґрунтових вод пов'язані із забрудненням джерел водопостачання. У разі виникнення посухи підвищуються ризики дефіциту продовольства та води.

Прогнозується, що підвищення температури води, зростання інтенсивності опадів та більш тривалі періоди низького стоку посилять багато форм забруднення води, включаючи забруднення наносами, розчиненим органічним вуглецем, підвищеною кількістю фосфору, іонами важких металів, фенолами, пестицидами, солевмістом, тепловим забрудненням [1]. Ці процеси, у свою чергу, вплинуть не тільки на екосистеми, але й на кількість і якість ґрунтових вод, що використовуються в системах водопостачання, підвищать витрати на їх експлуатацію.

### **23.2. Вплив антропогенно-природних факторів на стан якості підземних вод північно-західних областей України**

На сьогоднішній день біля 30% всієї питної води в Україні забирається з підземних джерел. Для сільськогосподарського водопостачання ця цифра зростає до 90%. Однак тільки 26% сільського



населення користуються послугами централізованого водопостачання [3]. Всі інші використовують для питних потреб місцеві джерела – шахтні колодязі, вода з яких здебільшого перебуває у незадовільному стані [3].

Каналізаційні ж мережі і споруди очищення стічної води охоплюють трохи більше ніж 8% сільського населення. Таким чином, будівництво систем водопостачання без каналізації призводить до забруднення малих річок та підземних вод. Зокрема, тільки у 2014 році в поверхневій об'єкти Рівненської області було скинуто близько 111,5 млн м<sup>3</sup> зливових вод з 15,55 тис. т забруднюючих речовин [4].

Серед основних забруднень: 2544 т хлоридів, 2134 т сульфатів, 1623 т нітритів, 184 т фосфатів, 8,91 т заліза, 2,6 т СПАР, 0,996 т нафтопродуктів [4]. Джерелами локальних забруднень підземних вод в Україні є фільтруючі накопичувачі (понад 3 тис. шт.), невпорядковані звалища промислових та побутових відходів, склади мінеральних добрив тощо. Згідно з даними Держкомприродресурсів на 01.01.2004 [3], на території України зафіксовано 276 стабільних джерел забруднення підземних вод.

На прогресуюче забруднення підземних водоносних горизонтів також впливає їх недостатня природна захищеність. Так, згідно з [3] захищеність основного водоносного горизонту України становить: 39,6% захищених; 24,2% умовно захищених; 36,2% незахищених підземних вод. Найбільший відсоток незахищених водоносних горизонтів знаходиться в Закарпатській – 91,2%; Івано-Франківській – 82,2, Львівській – 68,8%; Житомирській – 66,9% областях. У Волинській та Рівненських областях відсоток захищених підземних вод становить відповідно 7,8% та 3,4%. Таким чином, на формування якісного складу підземних вод впливають як природні фактори (клімат, геологічна будова, гідрогеологічні умови), так і антропогенна складова.

Дослідження якісного складу артезіанських вод на діючих водозаборах [3; 5; 6] дали можливість спостерігати тенденцію щодо їх прогресуючого погіршення за такими основними параметрами, як ступінь агресивності, вміст сполук заліза, мангану, амонійного нітрогену, азотовмісних сполук, фосфатів, жорсткості, загальної мінералізації, мікробіологічних показників.

Таким чином, вирішення комплексного питання – моніторингу підземних водоносних горизонтів з точки зору показників їх якості з одночасним впровадженням сучасних енергозберігаючих технологій водоочищення є на сьогоднішній день досить актуальним.

### **23.3. Обґрунтування необхідності вивчення якісного складу підземних водоносних горизонтів при проектуванні нових та реконструкції діючих станцій водоочищення**

**23.3.1. Мета та задачі роботи.** Метою роботи є вивчення якісного складу підземних водоносних горизонтів у ряді населених пунктів Волинської та Рівненської областей України із розглядом можливості щодо впровадження сучасних комплексних технологій водоочищення. Для досягнення поставленої мети було вирішено низку завдань:

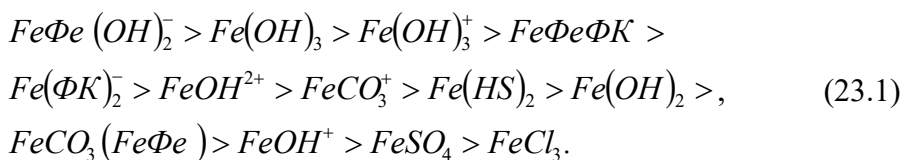
- проведено моніторинг показників якості води в ряді населених пунктів північно-західних областей України;
- проаналізовано вплив техногенно-природних факторів на ефективність роботи існуючих технологій;
- розроблено фізичну модель та механізми комплексного очищення підземних вод від сполук феруму та амонійного нітрогену;
- розроблено, досліджено та удосконалено технології комплексної водопідготовки на основі комбінованих методів очищення та кондиціонування.

В роботі використано фотокolorиметричний метод для визначення концентрацій іонів амонію, феруму, фенолів, сірководню, титрометричний метод для визначення гідрокарбонатної та загальної лужності, вмісту іонів  $\text{Ca}^{2+}$ , а також перманганатної окисності за методом Кубеля, потенціометричний метод для визначення величин  $\text{pH} - \text{Eh}$ , електронну мікроскопію з проведенням рентгеноспектрального аналізу матричних структур біо-мінералів.

**23.3.2. Результати моніторингових досліджень якісного складу підземних вод в північно-західних областях України.** За результатами проведених нами моніторингових досліджень параметрів якості підземних вод у 91 населених пунктах Волинської, Рівненської, Житомирської, Тернопільської, Закарпатської та Львівської областей України було встановлено прогресуюче погіршення їх якості, пов'язане як із природними, так і антропогенними факторами. Насамперед це стосується пониженню величини  $\text{pH}$  та підвищенню ступеня агресивності підземних вод по відношенню до металу та бетону, підвищенню концентрацій сполук феруму, амонійного нітрогену, гумінових комплексів, сезонною появою в деяких водоносних горизонтах фенолів, іонів важких металів [5; 6; 7].

Зокрема значний вплив на якісний склад підземних вод, які є основним джерелом водопостачання населених пунктів, розташованих у північних районах Волинської, Рівненської, Київської, Житомирської та Чернігівської областей України, здійснюють ландшафти із значними

площами лісів, торф'яників, лісових озер і боліт, які надають умови живлення підземних вод. Збагачення підземних вод залізом відбувається в результаті процесів вилуження та розчинення залізістих мінералів під дією диоксиду вуглецю та органічних сполук, які містяться у слабо кислих болотах та лісових озерах. Форми існування заліза в природних водах досить різноманітні: вільні іони, гідросокомплекси, комплекси із неорганічними та органічними лігандами [8], та залежать від геохімічних властивостей підземних вод, а саме величин рН-Eh водного середовища. За даними [8; 9] нами сформовано ряд стійкості основних сполук заліза в природних водах:



Як видно, найбільш стійкими є залізоорганічні сполуки, гідросокомплекси та гідроксид заліза (III). Гумінові кислоти утворюють внутрішньо комплексні сполуки із багатьма металами, які залежно від рН середовища набувають більшу рухливість або утворюють стійкі, нерозчинні у воді сполуки. Розчинні органічні речовини у формі гуматів та фульватів заліза надають підземним водам кольоровість і в деяких випадках можуть відноситися до високо кольорових.

За даними наших багаторічних досліджень на території Волинської області ця границя проходить від озера Світязь між населеними пунктами смт Ратне – м. Ковель – с. Поворськ – смт Любешів.

В Рівненській області зазначена межа проходить від Білого озера через населені пункти: м. Володимирець – м. Костопіль – с. Богуші – с. Балашівка. Підземні води даних водоносних горизонтів можливо віднести до слабокислих (рН до 6,0 – 6,5) з низьким (<2 ммоль/дм<sup>3</sup>) або помірним (2–4 ммоль/дм<sup>3</sup>) лужним резервом, які містять розчинені органічні речовини (ПО>5,0 мг О/дм<sup>3</sup>) у вигляді гумінових (ГК) та фульвокислот (ФК), а також характеризуються підвищеним (від 3,0 до 30,0 мг/дм<sup>3</sup>) вмістом сполук феруму.

Однією із характерних ознак параметрів якості підземних вод даного регіону є підвищена кольоровість, вміст агресивного карбон(IV) оксиду (CO<sub>2</sub><sup>агр</sup>) та сірководню [10]. Південніше даної границі розташовані безкисневі нейтральні води із середнім значенням лужності 2,0–4,0 ммоль/дм<sup>3</sup> і незначним вмістом органічних речовин (ПО<5,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>).

Проведені моніторингові дослідження якісного складу підземних вод за вмістом іонів Fe<sup>2+</sup> на водозаборах південніше населених пунктів: Нововолинськ – Локачі – Торчин – Луцьк – Дубно – Рівне – Гоща – Корець

вказали на зменшення його концентрацій до 3 мг/дм<sup>3</sup> [10]. За результатами моніторингових досліджень параметрів якості підземних вод на вміст сполук феруму, проведених в період з 2000 по 2018 роки на 49 водозаборах Рівненської та 17 водозаборах Волинської областей, було встановлено, що в Рівненській області 45% із досліджених водозаборів базується на підземних водах із концентрацією Fe(II) до 3 мг/дм<sup>3</sup>, 24,5% із концентрацією від 3,0 до 5,0 мг/дм<sup>3</sup>, 14,2% – від 5,0 до 10,0 мг/дм<sup>3</sup> та 16% – від 10 до 30 мг/дм<sup>3</sup>. Дослідження, проведені у Волинській області, показали, що 52% підземних вод із досліджених нами водозаборів містило до 3,0 мг/дм<sup>3</sup>, 18% – від 3,0 до 5,0 мг/дм<sup>3</sup>, 24% від 5,0 до 10 мг/дм<sup>3</sup> та 6% – від 10,0 до 20,0 мг/дм<sup>3</sup> сполук Fe(II) [10].

За вмістом легко-окиснюваних органічних речовин 38% із досліджених водозаборів у Рівненській області базувалося на підземних водах із величинами перманганатної окисності (ПО) від 4,0 до 8,0 мгО/дм<sup>3</sup>, 12% – на водах із ПО від 8,0 до 12,0 мгО/дм<sup>3</sup> та 7% – на підземних водах із ПО >12,0 мгО/дм<sup>3</sup>. У Волинській області 48% із досліджених населених пунктів споживають воду із ПО від 4,0 до 8,0 мгО/дм<sup>3</sup>, 8% – із ПО > 12,0 мгО/дм<sup>3</sup> [10].

Результати моніторингових досліджень, проведених на 67 водозаборах в Рівненській та Волинській областях на вміст амонійного нітрогену в підземних водах, наведено в таблиці 23.1.

Таблиця 23.1

Результати моніторингових досліджень щодо вмісту амонійного нітрогену в підземних водах Рівненської та Волинської областей

Вміст амонійного нітрогену, мг/дм <sup>3</sup>	до 0,05	0,06–0,5	0,51–1,5	>1,5
Рівненська область				
% населених пунктів	16	30	18	36
Волинська область				
% населених пунктів	-	13	31	56

Аналогічна картина складалася із забрудненням частини із досліджених водозаборів за фенолами. Зокрема, із 17 розглянутих водозаборів придатними для господарсько-питного водопостачання було 29%, забрудненими (із концентраціями фенолів 0,0011–0,2 мг/дм<sup>3</sup>) – 41,2%, дуже забрудненими (із концентраціями фенолів 0,21–0,5 мг/дм<sup>3</sup>) – 29,4% [10].

За активною реакцією рН підземні води 12,5% досліджених водозаборів в Рівненській області можливо віднести до слабокислих вод, 37% – до нейтральних, 10% – до слаболужних, 2% – до лужних [5]. Тоді як

у Волинській – водопостачання більшості із досліджених нами населених пунктів базувалися на нейтральних водах.

Важливою зв'язуючою ланкою в системі Fe – pH – Eh – CO<sub>2</sub> – OR є гідрокарбонатна лужність води. За низьких значень pH < 6,0 в підземних водах відсоток співвідношення між  $CO_2^{diss} / HCO_3^-$  складає (70/30%), що характеризує ці води, як води із низькою гідрокарбонатною лужністю. Використання методу аерації, при обробці агресивних підземних вод, дозволяє отримати воду із неагресивними властивостями лише при величинах гідрокарбонатної лужності > 2,0 ммоль/дм<sup>3</sup> [11]. Нейтральні води із гідрокарбонатною лужністю < 2,0 ммоль/дм<sup>3</sup> в результаті аерації набувають агресивні властивості по відношенню до металу та бетону. Таким чином, для визначення можливості окиснення іонів Fe та Mn за допомогою методу аерації необхідно знати величину карбонатної жорсткості води. Видалення та переведення іонів заліза у нерозчинну форму, можливо проводити за допомогою методу аерації тільки для вод із гідрокарбонатною лужністю > 2,0 ммоль/дм<sup>3</sup> та відсутності розчинних органічних речовин.

В результаті моніторингових досліджень, проведених на водозаборах в Рівненській області, встановлено, що для 24,4% підземних вод характерне низьке значення гідрокарбонатної лужності (< 2 ммоль/дм<sup>3</sup>), 20% складали води із середньою лужністю (2–4 ммоль/дм<sup>3</sup>), 22,3% – із нормальним (4–6 ммоль/дм<sup>3</sup>) та 33,3% підвищеним (7,0–8,5 ммоль/дм<sup>3</sup>) лужним резервом.

У Волинській області із 20 досліджених населених пунктів водопостачання 16% базувалися на водах із середньою, 53% – нормальною та 32% підвищеною лужністю.

Проведені моніторингові дослідження ступеня агресивності підземних вод у понад 80 населених пунктах Волинської, Рівненської, Житомирської, Хмельницької, Львівської областей України встановлено, що водопостачання майже в 60% з них здійснюється за рахунок використання підземних вод з різним ступенем агресивності по відношенню до бетону та металу (13%, що виявляє здатність до карбонатних відкладень на стінках труб, 27% відноситься до стабільної води) [11]. Найбільші ступені агресивності з горизонтами підземних вод мають північні райони Волині та Рівного, які представлені на рис. 23.1.

Сумісні дослідження агресивності підземних вод даного регіону, проведені на базі гідрохімічної лабораторії кафедри ВВБС НУВГП та фізико-хімічної лабораторії Рівненського обласного лабораторного центру МОЗ України, дали можливість здійснити моніторинг даного питання за всіма районами області в період з 2001 по 2014 роки (рис. 23.2) [5].

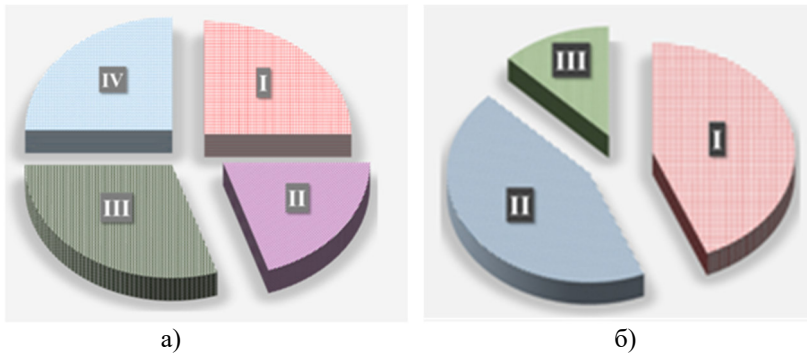


Рис. 23.1. Діаграма корозійної дії ґрунтових вод:  
 а) північні райони Рівного: I – легка корозія (25%); II – тенденція до корозії (20%); III – дуже високий ступінь корозії (30%); IV – надзвичайно високий ступінь корозії (25%); б) північні райони Волині: I – легка корозія (43,75%); II – тенденція до корозії (43,75%); III – дуже високий ступінь корозії (12,5%)

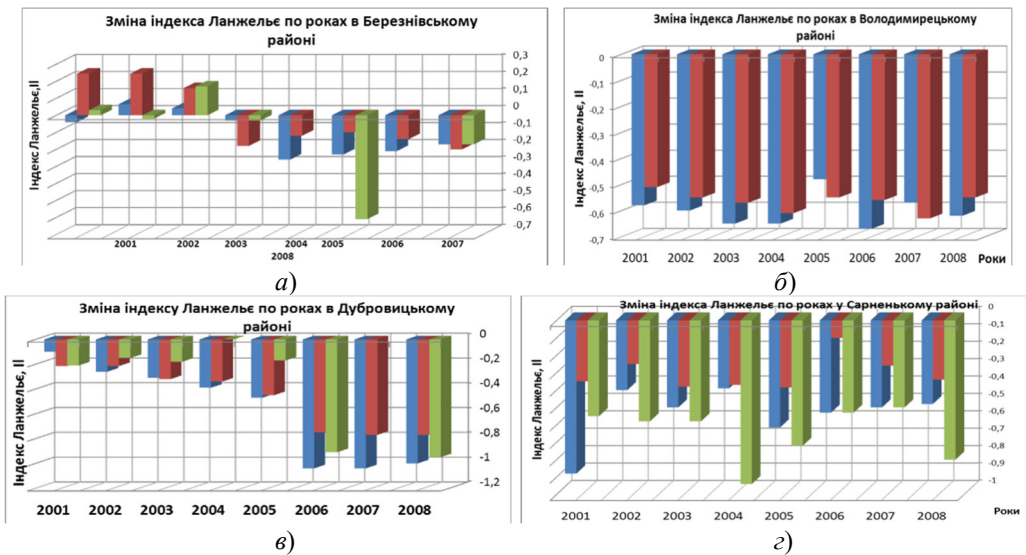


Рис. 23.2. Зміна індексів стабільності в підземних водах північних районів Рівненської області [3]

Як видно із наведених даних, підземні води даного регіону за індексом Ланжелє слід віднести до наступних категорій агресивності: від легкого ступеня корозії ( $I_L = -0,5$ ) – Березнівський (рис. 3, а) і Володимирецький райони (рис. 3, б), тенденції до корозії ( $I_L = -1,0$ ) – Дубровицький (рис. 3, в) і Сарненський райони (рис. 3г), дуже високого ступеня корозії ( $I_L > -2,0$ ) – у Рокитнівському районі [5]. Причому із часом спостерігається збільшення ступеня агресивності підземних вод

(рис. 23.2). Причини визначаються для підвищення ступеня агресивності підземних вод у області: зниження кислотності, лужності та зниження концентрації іонів  $\text{Ca}^{2+}$ . Забруднення водними продуктами, що використовується, призводить до погіршення її якості, а саме збільшує помутніння, колір, зовнішній вигляд неприємних смаків та запахів, гідроксиду заліза. Існуючі рослини з видалення заліза, введені в 60-х–70-х років ХХ століття, засновані на спрощеній технології або глибокій аерації з подальшим фільтрацією – не можуть вирішити цю проблему. Для вирішення питання про початкове очищення води з подальшим обслуговуванням його якості під час транспортування потрібно використовувати всебічні чисті підземні води з подальшою стабілізуючою обробкою.

Проаналізувавши дані моніторингових досліджень [5; 7; 10; 12] загальної геохімічної характеристики властивостей підземних вод північно-західних областей України, які використовуються в господарсько-питному водопостачанні, можна зробити висновки щодо їх класифікації за рядом показників:

- **за лужним резервом:** на води з низькою (до 2 ммоль/дм<sup>3</sup>); помірною (від 2 до 4 ммоль/дм<sup>3</sup>), середньою (4–6,0 ммоль/дм<sup>3</sup>) та високою (> 6,4 ммоль/дм<sup>3</sup>) гідрокарбонатною лужністю;
- **за величиною водневого показника рН:** слабокислі (рН до 6,5); нейтральні (рН 6,5–7,5); слаболужні (рН > 7,5);
- **за величиною перманганатної окиснюваності:** незначної (<4,0 мг  $\text{O}_2$ /дм<sup>3</sup>), помірної (4,0–8,0 мг $\text{O}$ /дм<sup>3</sup>), середньої (8,0–12,0 мг $\text{O}$ /дм<sup>3</sup>), високої (12,0–20,0 мг $\text{O}$ /дм<sup>3</sup>);
- **за природою та концентраціями сполук феруму:** у мінеральних або органічних комплексах при концентраціях: Fe(II) до 3 мг/дм<sup>3</sup>; від 3,0 до 5,0 мг/дм<sup>3</sup>; від 5,0 до 10,0 мг/дм<sup>3</sup>; від 10 до 30 мг/дм<sup>3</sup>;
- **за присутністю антропогенних забруднень:** сполук, які містять азот ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), фенолів, фосфатів, ПАР, іонів важких металів;
- **за ступенем агресивності води** по відношенню до металу та бетону [5; 7].

#### **23.4. Аналіз ефективності застосування традиційних технологій очищення слабокислих підземних вод, які містять залізоорганічні комплекси**

Більшість існуючих в Україні станцій очищення підземних вод введено в експлуатацію за технологією фільтрування зі спрощеною аерацією, яка не призначалась для кондиціонування слабокислих вод із низькими значеннями гідрокарбонатної лужності (< 2,0 ммоль/дм<sup>3</sup>). Крім

того, метод має низку обмежень як за якістю вихідної води ( $\text{Fe}^{2+} < 10 \text{ мг/дм}^3$ ;  $\text{H}_2\text{S} < 0,5 \text{ мг/дм}^3$ ;  $\text{pH} \geq 6,7$ ; перманганатної окисності не більш ніж  $5 \text{ мгО/дм}^3$ ), та не передбачає комплексного очищення води від амонійного нітрогену, мангану, гумінових комплексів, фенолів. В роботах [9; 13] підкреслюється гальмування автокатолітичних процесів у присутності у воді гумінових комплексів. Аналіз використання традиційних безреагентних технологій (табл. 23.2) для очищення слабокислих та нейтральних підземних вод з низьким лужним резервом в присутності розчинених органічних сполук показав недостатню ефективність їхньої роботи та агресивність фільтрату. Крім того, в сучасних умовах підвищеного антропогенного навантаження, для вилучення ряду забруднень, необхідно впроваджувати додатково спеціальні методи водоочищення, якими не забезпечені розглянуті технології. Застосування лише реагентних методів призводить до необхідності використання додаткового технологічного обладнання, що ускладнює експлуатацію, збільшує вартість очищеної води, а також не виключає можливості утворення хлорорганічних сполук, продуктів озонолізу. Вміст вторинних забруднень у питній воді збільшується при підвищенні дози хлору, рН, температури, кольоровості, окиснюваності, присутності фенолів. Використання схем з активним каталітичним навантаженням доцільне лише при відсутності в підземних водах розчинених органічних сполук, сірководню, бактерій.

Таблиця 23.2

Дані кількісного аналізу якості підземних вод та фільтрату

Водозабір	Вихідна вода				Фільтрат		Джерело
	pH	Лужність, ммоль/дм <sup>3</sup>	Fe, мг/дм <sup>3</sup>	ПО, мг О/дм <sup>3</sup>	Fe, мг/дм <sup>3</sup>		
Технологічна схема	спрощена аерація – фільтрування						
смт Білий Яр	6,5	3,2	9,55	4,9	1,8		[11]
с. Балашівка (2003)	6,4–6,5	1,28–1,5	4,0–4,8	3,5	1,8		[11]
Технологічна схема	СА→НФІ→НФІІ→Зн						
смт Зелений Гай		<2,1	26,9		19,9	17,8	[11]
смт Рокитне		0,9–1,0	До 30		15	1,5	[11]

*Примітка.* СА – спрощена аерація; НФІ(НФІІ) – напірні фільтри I, II ступенів; Зн – знезараження.

### 23.5. Напрями інтенсифікації роботи діючих станцій знезалінення

Одними із можливих напрямків вирішення цього питання є впровадження методу автокаталітичного окиснення заліза в шарі завислого осаду [14; 15]. Іншим із можливих напрямків інтенсифікації роботи



станцій знезалізнення є застосування біохімічного методу окиснення, використання якого стало можливим завдяки широкому розповсюдженню залізобактерій у підземних водах у різних регіонах світу [16–23]. Розробці біохімічного методу видалення із підземних вод сполук Fe (II) та Mn (II) присвячені роботи (Сафонов М.А., 1984; Czekalla, 1985; Seppanen, 1991; Mouchet., 1992; Hatva, 1988; Bourguine, 1994; Kvartenko O., 1997; Tamura T та ін., 1999; Søgaard G. E., 2000; Sharma S.K. та ін., 2005; Fujikawa Y. та ін., 2010; та ін.) [14–20]. Перші дослідження методу в Україні проводилися під керівництвом професора М.А. Сафонова на кафедрі ВВБС (НУВГП) [16] Дослідами Mouchet [17], було визначено оптимальні параметри рН – Eh середовища, необхідні для їх розвитку та межі їх конкурування із традиційними схемами окиснення Fe(II) киснем повітря (рис. 23.3–23.4).

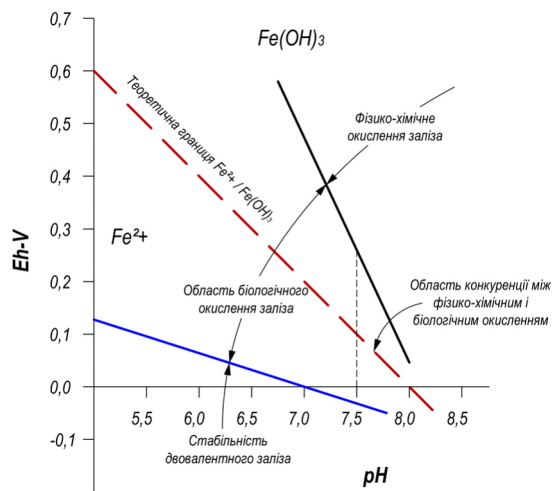


Рис. 23.3. Поля активності залізобактерій (за Mouchet, 1992)

Використання біохімічного методу є доцільним лише у слабкокислих та нейтральних водах із низьким або нормальним лужним середовищем. В цих випадках можливе переобладнання існуючих традиційних схем до схем за методом біологічного знезалізнення шляхом впровадження наступних заходів: заміни фракційного складу фільтруючого завантаження із дрібнозернистих фракцій ( $\delta=0,6-1,8$  мм) на: гравійне  $\delta=10-30$  мм [17]; кварцового піску середньої зернисті ( $\delta=2$ , мм); гранітного щебеню  $\delta= 5,0-10$  мм [24], або пінополістиролу  $\delta=3,0-10$  мм [24]; проведення коригування величин рН – Eh середовища [13; 24]; використання попереднього підключення вихідної води розчином кальцинованої соди при знезалізненні слабкокислих вод із низьким лужним резервом [13]; проведення коригування концентрацію кисню перед біореактором [13].

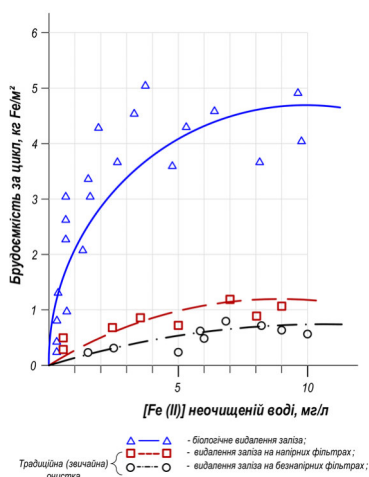


Рис. 23.4. Порівняння брудомісткості біологічного та фізико-хімічних методів знезалізнення (за Mouchet, 1992)

Зазначені кроки дозволяють інтенсифікувати роботу станцій знезалізнення шляхом збільшення до 10–20 м/год швидкостей фільтрування, тривалості фільтроциклів, зменшити витрати реагентів та об'ємів промивних вод. Підвищення питомої брудомісткості фільтруючого завантаження, при біологічному знезалізненні, порівняно із традиційними безреагентними методами (рис. 23.4), пояснюється структурою матриксів, які створюються залізобактеріями в процесі життєдіяльності (рис. 23.5).

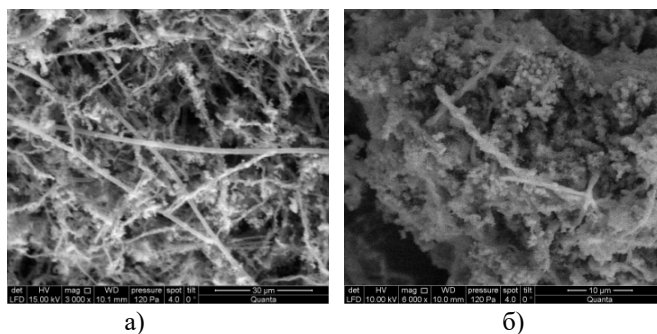


Рис. 23.5. Електронне зображення матриксних структур з міжпорового простору контактного завантаження біореактору: а – матриксні структури, створені залізобактеріями *Gallionella*, *Leptothrix* РЕМ 3000 х; б – матриксні структури, створені залізобактеріями *Gallionella* РЕМ 6000 х

Створені бактеріями полімерні матриксні структури складаються з кислих полісахаридів з карбоксильними функціональними групами, які

знаходяться в щільному просторовому зв'язку з ферум(III) гідроксидом. Органічні волокна матричних структур поступово накопичують  $FeOOH$ , контролюючи його рекристалізацію [25] та формуючи біо-мінерали нанометрового розміру [26].

### 23.6. Удосконалена технологія комплексного біологічного очищення нейтральних агресивних залізомістких підземних вод

**23.6.1. Технологія та обладнання.** В період з 2002 по 2006 роки в системі водопостачання м. Березне вперше в Україні за рекомендаціями М.Г. Журби та О.М. Квартенко була запроєктована та введена в експлуатацію станція біологічного знезалізнення продуктивністю до  $2000\text{ м}^3/\text{добу}$  з біореактором діаметром 2,8 м, який знаходиться на відкритому повітрі за межами фільтрувального залу, три відкриті фільтри з полістиролу піни розміром  $2,0 \times 2,0 \times 4,3\text{ м}$ , оснащені системою гідравтоматичного вимивання, блоком знезараження води.

У 2012 році автором були зроблені рекомендації щодо удосконаленні технології (рис. 23.6) шляхом модернізації блоку аерації біореактора, системи промивки фільтрів, впровадження блоку стабілізаційної обробки води, а також надано рекомендації, щодо переведення роботи системи в режим нерівномірності гідравлічних навантажень.

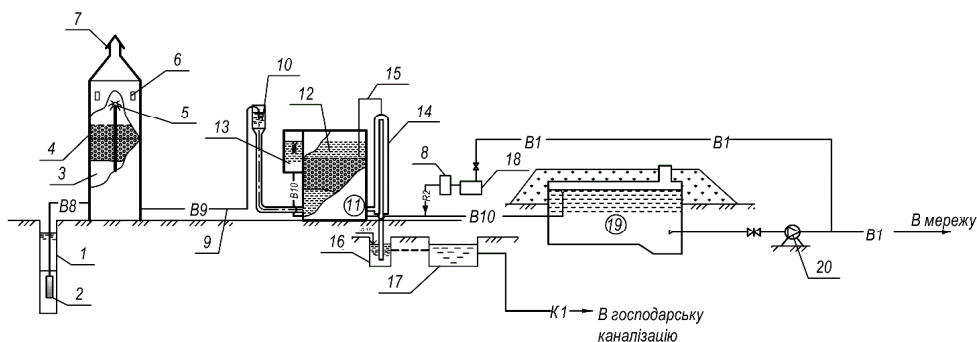


Рис. 23.6. Технологічна схема промивки агресивних, поблизу нейтральних вод:

- 1 – підземні води; занурений електронасос; 3 – біореактор; 4 – контактне завантаження; 5 – кавітаційний блок; 6–7 – вентиляційні вікна та короб;
- 8, 18 – блок дозування гіпохлориту натрію; 9 – трубопровід подачі води;
- 10 – повітряний сепаратор; 11 – освітлювальний пінополістирольний фільтр;
- 12 – промивний бак; 13 – фільтр збору; 14 – гідроробот; 15 – трубка зриву вакууму;
- 16 – гідрозатвор; 17 – канал для збору вод вимивання; 19 – РЧВ; 20 –НС –II

Удосконалена технологія розрахована для проведення комплексного очищення та кондиціонування агресивних, біля-нейтральних вод із нормальним лужним резервом від амонійного нітрогену (до 1,5 мг/дм<sup>3</sup>), розчинених органічних речовин (за ПО до 6,0 мг О/дм<sup>3</sup>), феруму (до 5,0 мг/дм<sup>3</sup>), фенолів (до 0,03 мг/дм<sup>3</sup>) [30].

Контактне неоднорідне завантаження біореактора було виконано зі спіненого пінополістиролу марки ПСВ за ОСТ 301-05-92Е. Крупність фракцій та висота його шарів становили:  $\delta = 6,0\text{--}12$  мм,  $h = 700$  мм;  $\delta = 3,0\text{--}6,0$  мм,  $h = 500$  мм;  $\delta = 2,0\text{--}3,0$  м,  $h = 500$  мм. В реакторі відбувалося комплексне очищення води від катіонів  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , розчинених органічних сполук, фенолів. Загальний час перебування води становив від 60 до 20 хвилин, після чого вода надходила на фільтри типу ФПЗ-1, забезпечуючи очищення від зависі ферум(III) гідроксиду та матриксних структур біо-мінералів. Як фільтруюче завантаження використовували гранульований пінополістирол марки ПСВ або ПСВ-С за ОСТ 202-05-92 і ОСТ 301-05-92Е. Верхній розподільчий шар прийнято товщиною 200 мм з діаметром гранул 4–8 мм. Діаметр гранул робочого шару складав 1,0–2,5 мм, а його робоча висота – 1000 мм. Експлуатаційні швидкості фільтрування становили для біореактора 7–11 м/год, для фільтрів 3,5–6 м/год. Перед кожним із фільтрів встановлено повітря-відділювачі висотою 5,3 м, з'єднані з колекторами нижньої дренажної системи кожного окремого фільтра. Промивка фільтрів здійснюється в гідро-автоматичному режимі з інтенсивністю промивки 14–16 л/см<sup>2</sup> тривалістю 5 хвилин.

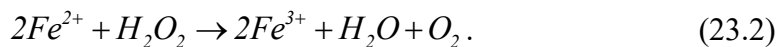
Для знезараження питної води на станції використано електролізну установку «Полум'я-2». Для проведення стабілізаційної обробки води використовували витратні баки із освітленим 1–2% розчином  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  та насос-дозатор.

### ***23.6.2. Фізична модель біореактора та механізми комплексного очищення підземних вод від сполук феруму та амонійного нітрогену.***

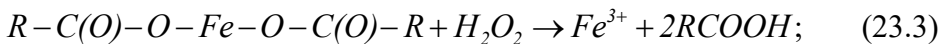
Вихід біореактора в робочий стан можливо поділити на два етапи: 1 – початковий етап «зарядки» контактного завантаження. В цей період крізь завантаження проходить вода із свердловини, яка містить не тільки катіони феруму, карбон(IV) оксиду, сполуки фосфору, розчинені органічні речовини, але й мікроорганізми розповсюджені в підземних водах. Поступово на поверхні гранул відбувається формування активної каталітичної поверхні із клітин та матриксних структур. Процес проходить в результаті адгезії бактерій, поверхня клітин яких має від'ємний заряд, на первинній каталітичній плівці контактного завантаження за відомим механізмом [13]. Цей період роботи характеризується проходженням частини катіонів  $\text{Fe}^{2+}$  до фільтрату. Тривалість «зарядки» залежить від параметрів якості води: величин рН,

гідрокарбонатної лужності, концентрації катіонів  $Fe^{2+}$  та маси бактерій в одиниці об'єму вихідної води. У випадку із підземними водами м. Березне цей період складав три – чотири доби при швидкостях фільтрування 3–5 м/год та зростанні ефективності очищення від 15 до 45%. На початку роботи реактора відбувалося транспортування разом із потоком води феробактерій, сполук феруму, карбон(IV) оксиду ( $CO_2$ ) до верхніх та середніх шарів контактного завантаження. Це пояснюється як неоднорідністю завантаження, так і використанням низхідного потоку води в направленні зменшення крупності його гранул. В цей період, завдяки значній площі адсорбційної поверхні відбувається формування початкової матриксної структури за рахунок затриманих консорціумів бактерій, які окиснюють сполуки феруму та амонійного нітрогену за наступними механізмами:

а) окисненням  $Fe^{2+}$  з наступним відкладенням нерозчинних оксидів навколо клітин феробактерій *Leptothrix* може бути результатом взаємодії йонів металів з продуктами бактеріального метаболізму, зокрема з  $H_2O_2$ . Гідроген пероксид, який виникає в якості проміжного або кінцевого продукту окиснення, виділяється з клітин і накопичується в оточуючих структурах. У нейтральному або слабнокислому середовищі окиснення катіонів  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$  відбувається в результаті безпосередньої взаємодії з  $H_2O_2$ :



Крім того, виділення клітинами бактерій *Leptothrix* гідроген пероксиду у зовнішнє середовище сприяє підвищенню ефективності руйнування залізо-органічних сполук:



б) ферментативним окисненням феробактеріями роду *Gallionella*, які здатні нарощувати клітинну біомасу, використовуючи неорганічний вуглець, який асимілюють із розчинного у воді діоксиду вуглецю [27; 28; 29].

Із кожною порцією вхідної води до контактного завантаження надходять нові бактерії збільшуючи їх загальну кількість. Нові бактеріальні структури починають формувати свої матрикси на попередніх відкладеннях одночасно із цим зменшуючи доступ необхідних для нормального розвитку бактеріальних консорціумів катіонів  $Fe^{2+}$  та вуглецю в нижні шари перетворюючи їх до лімітуючих факторів розвитку. Бактерії, які знаходяться в цих шарах, переходять до стану анабіозу. Із часом їх активна фундація переміщується до верхніх крупногранульних шарів із розвиненою площею міжпорового простору, де із часом відбувається основне окиснення йонів  $Fe(II)$ , розчиненої органіки,

амонійного нітрогену. При збільшенні швидкості фільтрування або концентрації катіонів  $\text{Fe}^{2+}$  у вихідній воді – низхідний потік буде переміщувати їх до нижніх шарів із виведенням розміщених в них консорціумів мікроорганізмів із стану анабіозу до стану активного метаболізму.

Таким чином, біореактор є гнучкою системою, яка може реагувати як на зміну гідравлічного навантаження, так і на зміну концентрації забруднюючих речовин, підтримуючи ефективність процесу очищення води на стабільному рівні шляхом активації бактерій, розташованих в матриксних структурах у міжпоровому просторі у стані анабіозу.

Другий етап – робочий, який характеризує роботу реактора між промивками. Після промивки в завантаженні залишаються бактерії як із попереднього циклу, так і бактерії, які надходять разом із промивною водою від свердловини (із загальною кількістю  $10^3$ – $10^4$  кл/см<sup>3</sup>). Із потоку вихідної води відбувається адгезія феробактерій як на поверхні контактного завантаження, так і на залишку матриксних структур в його міжпоровому просторі. Закріплені таким чином бактерії із часом починають формувати нові матриксні структури. При досягненні на поверхні контактного завантаження та матриксних структур концентрації біомаси, яка дорівнює або перевищує граничну її величину, відбувається відрив частини бактерій із переходом їх у потік води. В міру поступового накопичення бактерій та матриксних структур у шарах контактного завантаження спостерігається підвищення інтенсивності окиснення сполук феруму та розчиненої органіки, амонійного нітрогену.

Видалення амонійного нітрогену в біореакторах можливо представити декількома механізмами залежно від параметрів якості води та якісного складу мікроорганізмів.

В нейтральних та біля нейтральних підземних водах, в присутності хемолітоавтотрофних бактерій роду *Gallionella*, можливо розглядати процес сорбції йонів  $\text{NH}_4^+$  на поверхні матриксних структур біо-мінералів, а також на клітинах самих бактерій, завдяки присутності на їх поверхні функціональних груп:  $\text{PO}_4^{-3}$ ,  $\text{COO}^-$ ,  $\text{OH}^-$ .

Із часом відбувається процес поступового заповнення міжпорового простору стаціонарними матриксними структурами, при якому буде спостерігатися відрив частини матриксу із стаціонарного стану та подальшим перенесенням транзитним потоком до нижніх шарів контактного завантаження. При накопиченні в міжпоровому просторі матриксних структур у концентрації, яка перевищує розрахункову величину максимальної брудомісткості, відбувається відрив матриксу із міжпорового простору та його винос за межі контактного завантаження.

Слід відмітити, що застосування крупногранульного пінополіестролу дозволяє збільшувати глибину накопичення матриксних структур до 60–

80 см із поступовим заповненням міжпорового простору. Із часом відбуваються процеси збільшення втрат напору та підвищення рівня води над контактним завантаженням, що призводить до підтримання в розрахункових межах осередненої у часі швидкості. Промивка контактного завантаження біореактора відбувається один раз на три тижні.

**23.6.3. Результати досліджень.** На водоочисній станції м. Березне в період 2016–2018 років нами були проведені комплексні дослідження щодо визначення ефективності роботи даної системи (рис. 23.6) в умовах нерівномірності гідравлічних навантажень на водоочисне обладнання. Показники якості вихідної води:  $\text{NH}_4^+$  0,55–0,65 мг/дм<sup>3</sup>,  $\text{C}_5\text{H}_5\text{OH}$  0,025–0,028 мг/дм<sup>3</sup>,  $\text{Fe}^{2+}$  1,7–1,9 мг/дм<sup>3</sup>, показники перманганатної окислюваності 3,6–4,0 мг  $\text{O}_2$ /дм<sup>3</sup>, гідрокарбонатна лужність 3,96 ммоль/дм<sup>3</sup>, рН 7,2. На рисунку 23.7 представлені результати циклу фільтрації в період з 12.11.16 по 13.11.16. Витрата вихідної води на технологічне обладнання змінювалися протягом доби в межах від 13 до 40 м<sup>3</sup>/год. Швидкості фільтрації становили відповідно: в біореакторі – від 2,5 м/год до 8 м/год; в очисниках – від 1,5 м/год до 3,5 м/год. Ефективність очищення води від легкоокислюваних органічних сполук і заліза становила відповідно від 62 до 79% і від 87 до 98%. Слід зазначити, що через годину після початку фільтроциклу, з води було повністю видалено такі складні для очищення сполуки, як амонійний нітроген та феноли (рис. 23.8). Одночасно із цим величини гідрокарбонатної лужності практично не змінювалися і були в межах 3,84–4,0 ммоль/дм<sup>3</sup>. Також були проведені дослідження щодо вивчення залежності змін параметрів якості води впродовж фільтроциклу при підвищенні величин нерівномірності питомих навантажень на біореактор та фільтри відповідно від 5,8 до 10,4 м/год, та від 3,0 до 5,0 м/год (рис. 23.9). Параметри якості води становили: перманганатна окиснюваність 1,35–1,55 мг  $\text{O}_2$ /дм<sup>3</sup>, гідрокарбонатна лужність 4,0–4,3 ммоль/дм<sup>3</sup>, рН 7,15–7,2, вміст катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  84–98 мг/дм<sup>3</sup>,  $\text{Fe}^{2+}$  2,0–2,2 мг/дм<sup>3</sup>, загальний солевміст 300–350 мг/дм<sup>3</sup>. Як видно із наведених даних, протягом досліджуваного періоду спостерігали стабільний ефект очищення на кожній із споруд. Так, ефективність роботи біореактора коливалась в межах 63–65% при швидкостях фільтрування 5,7–6,5 м/год, 57–58% при швидкостях 7 м/год, зменшуючись до 48,7% при зростанні швидкостей до 10,5–11,5 м/год. Концентрація  $\text{Fe}_{\text{заг}}$  після фільтрів протягом всього періоду коливалась в межах 0,02–0,05 мг/дм<sup>3</sup>.

Гідрокарбонатна лужність фільтрату знаходилася в межах 3,9–4,1 ммоль/дм<sup>3</sup>. За отриманими даними було проведено розрахунки індексів стабільності води впродовж досліджуваного періоду. Протягом усього циклу фільтрації значення індексу Ланжелє (ІЛ) вихідної води коливалися від -0,39 до -0,27. Після біореактора та фільтрів значення

індексу Ланжелє зросли відповідно до  $-0,33$ – $-0,14$  та  $-0,18$ – $-0,1$ . Вода стала менш агресивною і віднесена до дуже незначного рівня корозії.

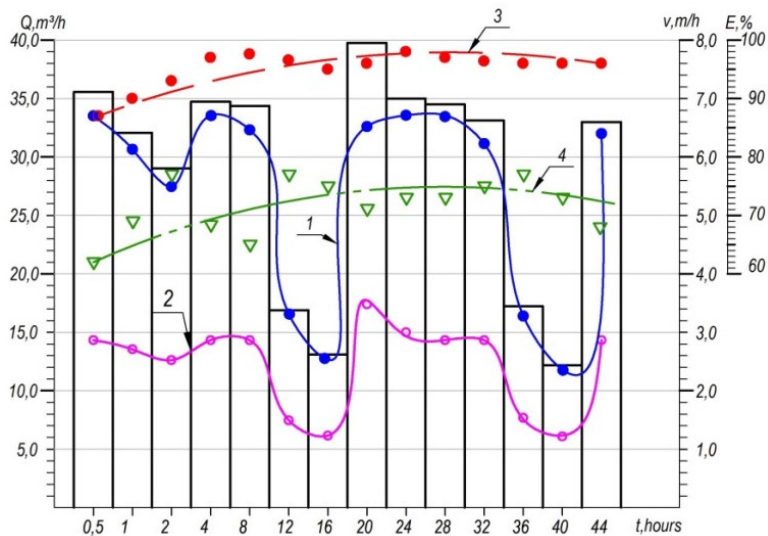


Рис. 23.7. Зміна швидкостей фільтрації та ефективності очищення води залежно від погодинних витрат:

- 1 – швидкість в біореакторі; 2 – швидкість на фільтрах; 3 – ефективність знезалізнення після фільтрів; 4 – ефективність видалення органічних речовин після фільтрів

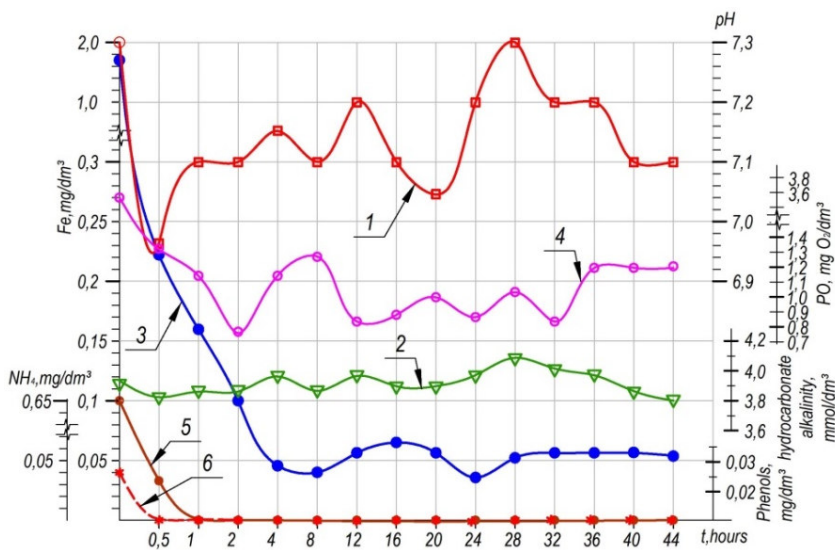


Рис. 23.8. Зміна параметрів якості очищеної води після фільтрів протягом фільтроциклу:

- 1 – значення рН; 2 – гідрокарбонатна лужність; 3 – сполуки заліза; 4 – перманганатна окисність; 5 – амонійний нітроген; 6 – феноли



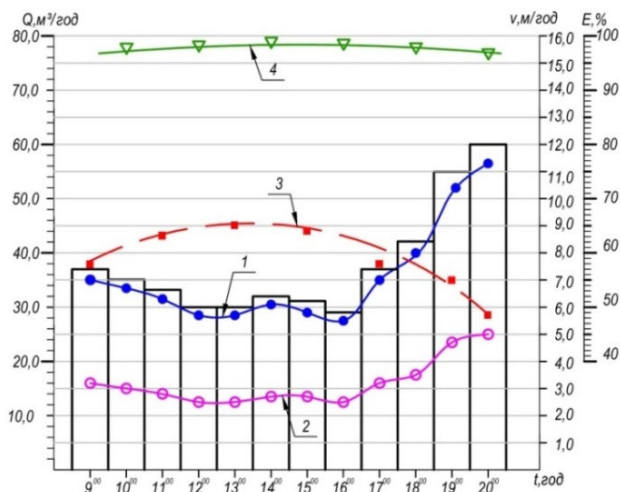


Рис. 23.9. Зміна швидкостей фільтрування та ефективності знезалізнення протягом фільтроциклу від 19.05.15 залежно від погодинних витрат води:

1 – швидкість в біореакторі; 2 – швидкість на фільтрах; ефективність видалення феруму після: 3 – біореактора; 4 – фільтра

Розроблена на основі комбінованих методів очищення технологія комплексної водопідготовки нейтральних агресивних залізомістких підземних вод дозволяє використовувати обладнання в умовах значної нерівномірності гідравлічних навантажень з високою ефективністю (легкоокислюваних органічних сполук і заліза склали або відповідно від 62 до 79% і від 87 до 98%). Використання по суті двоступеневого біологічного очищення дозволяє збільшити тривалості фільтроциклів до 48 годин. Оптимальні швидкості фільтрування для біореактора 7–11 м/год, для фільтрів 3,5–6 м/год. Промивку фільтрів можливо проводити в двох режимах: гідроавтоматичному, із інтенсивністю промивки 14–16 л/см<sup>2</sup> тривалістю 5 хвилин; ручному – за двоступеневою схемою, із інтенсивністю 20–30 л/см<sup>2</sup> при тривалості кожної із них по 2 хвилини із п'ятихвилиною перервою.

### 23.7. Технологія комплексного очищення агресивних слабокислих залізомістких підземних вод з низьким лужним резервом, які містять амонійний нітроген та феноли

Слабокислі (рН 5,0–6,5) агресивні ( $I_L \approx -2,0$ ) підземні води із низьким лужним резервом (< 2,0 ммоль/дм<sup>3</sup>) високою кольоровістю (до 80 град. ПКШ), які містять розчинені органічні речовини (до 8,0 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> за

величиною ПО),  $\text{NH}_4^+$  (до  $4,0 \text{ мг/дм}^3$ ), комплексні сполуки Fe – ГК (до  $30,0 \text{ мг/дм}^3$ ), сірководень (до  $4,0 \text{ мг/дм}^3$ ), а на деяких водозаборах – феноли ( $0,01\text{--}0,12 \text{ мг/дм}^3$ ) та манган (до  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ ), складають до 15% від досліджених нами водозаборів в північно-західних областях України.

Дослідження проводилися на діючій станції знезалізнення, до складу якої входили: п'ять напірних фільтрів I ступеня  $H=3,8 \text{ м}$ ,  $d=1,5 \text{ м}$ ; два напірних фільтра II ступеня  $H=3,0 \text{ м}$ ,  $d=1,5 \text{ м}$ ; насоси II підйому (К100-65-200 – 1шт.; КМ100-65 – 1 шт.); насос промивної води (К100-65-200); компресор стисненого повітря РМ-3142.01 в комплекті з двома ресиверами, компресор для подачі стислого повітря для промивки фільтрів. Знезараження води проводилося додаванням хлорного вапна до РЧВ. Перші дослідження щодо вивчення параметрів роботи схеми за існуючою технологією було проведено 08.02.11 (табл. 23.3) при продуктивності станції  $25 \text{ м}^3/\text{год}$  та швидкостях фільтрування  $2,5\text{--}3,0 \text{ м/год}$ . В процесі очищення відбувалося зниження величин рН, гідрокарбонатної лужності, а також вмісту катіонів  $\text{Ca}^{2+}$ , при одночасному збільшенні ступеня агресивності фільтрату до  $I_L = -2,85$ .

Таблиця 23.3

Результати моніторингових досліджень ефективності роботи діючого водоочисного обладнання станції знезалізнення від 08.02.11

Назва параметрів	$\text{Fe}_{\text{заг}}$ , $\text{мг/дм}^3$	Лужність, $\text{ммоль/дм}^3$	Перманганатна окисність, $\text{мг О}_2/\text{дм}^3$	рН	$\text{NH}_4^+$ , $\text{мг/дм}^3$	$\text{Ca}^{2+}$ , $\text{мг/дм}^3$	$I_L$
Вихідна вода	21	0,9	6,99	6,05	0,8	37,6	-2,52
Фільтрат	3,1	0,78	2,83	5,8	0,25	36	-2,85
Е, %	85	-	45	-	68,7	-	-

В результаті вивчення складу каталітичних плівок на поверхні фільтруючого завантаження, а також осаду промивних вод, було встановлено присутність асоціатів та матричних структур мікроорганізмів родів *Gallionella*, *Leptothrix*, *Crenothrix* (рис. 23.10). Спираючись на відомі механізми процесів біохімічного окиснення, в удосконаленій технології було використано принцип активації біохімічних процесів за рахунок введення в систему додаткового джерела неорганічного вуглецю, при одночасному підвищенні величин гідрокарбонатної лужності та рН до меж їх комфортної життєдіяльності. Одночасно із цим прискорювався процес розділення фаз на фільтрах II ступеня, за рахунок введення розчину коагулянту та проведення стабілізаційної обробки води.

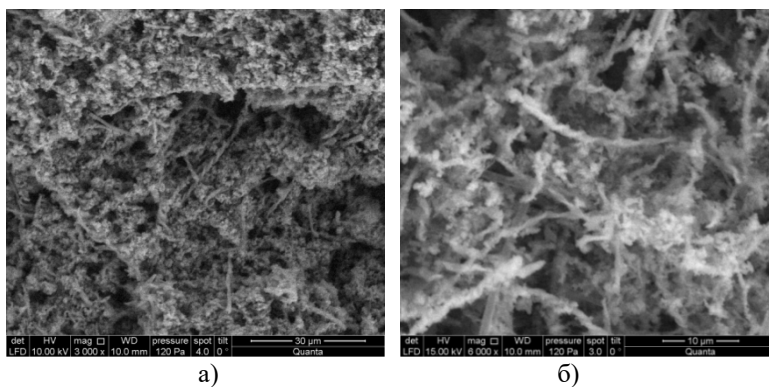


Рис. 23.10. Електронне зображення матричних структур в осаді промивної води:  
а – РЕМ 3000х; б – РЕМ 6000х

Для визначення можливості підвищення ефективності роботи схеми за рахунок введення лужного реагенту на діючій станції було проведено експрес-дослідження. У вихідну воду додавали  $52 \text{ мг/дм}^3$   $0,1 \text{ моль-екв/л}$  розчину  $\text{NaOH}$ , підвищуючи величину рН до  $7,4$ , та проводили аерацію. Після чого додавали алюміній гідроксохлорид дозою  $20 \text{ мг/дм}^3$ , що призводило до зменшення величини рН до  $6,8\text{--}7,0$  та утворення дуже дрібних пластівців. Після додавання  $1\text{--}3 \text{ мг/дм}^3$   $0,1\%$  розчину неіоногенного флокулянту марки HENGFLOC 70010 відбувалося інтенсивне утворення пластівців із осадженням на піщаному фільтрі. Концентрація заліза у фільтраті становила  $0,33 \text{ мг/дм}^3$ . Добова розрахункова витрата  $0,1 \text{ н}$  розчину  $\text{NaOH}$  становила  $25 \text{ кг}$ , середньомісячна –  $750 \text{ кг}$ , що для невеликої станції з точки зору вартості реагенту було досить багато. Тому в подальших дослідженнях було вирішено використовувати  $0,5\text{--}1\%$  розчин кальцинованої соди.

Параметри вихідної води становили: залізо загальне  $22,3 \text{ мг/дм}^3$ , гідрокарбонатна лужність  $0,78 \text{ ммоль/дм}^3$ , рН  $5,8$ . Результати експрес-досліджень змін параметрів якості води залежно від доз кальцинованої соди наведено на рис. 23.11.

Із отриманих результатів видно, що при підвищенні величини гідрокарбонатної лужності води до  $2,3\text{--}2,4 \text{ ммоль/дм}^3$  та рН до  $6,7\text{--}7,0$  при концентраціях  $0,5\%$  розчину кальцинованої соди відповідно  $70$  та  $85 \text{ мг/дм}^3$ , відбувалося підвищення ефективності вилучення катіонів  $\text{Fe(II)}$  на  $17\text{--}24\%$  порівняно із безреагентною схемою (рис. 23.12) [13]. Середня витрата кальцинованої соди за сухою речовиною становила  $30 \text{ кг/добу}$ . Одночасно із цим нами було продовжено дослідження при зменшенні концентрації розчиненого кисню до  $4\text{--}5 \text{ мг/дм}^3$ .

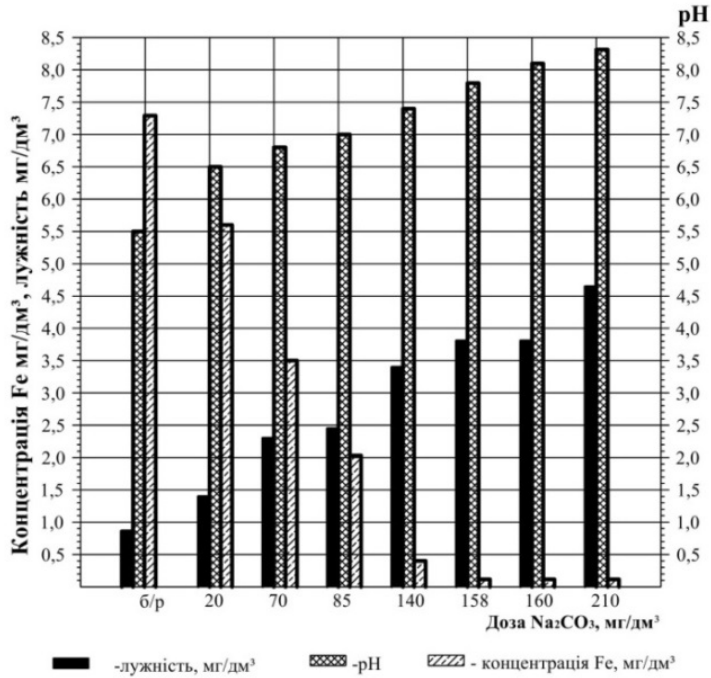


Рис. 23.11. Зміна параметрів якості води обробленою в завислому шарі матричних структур залежно від дози 0,5% розчину кальцинованої соди

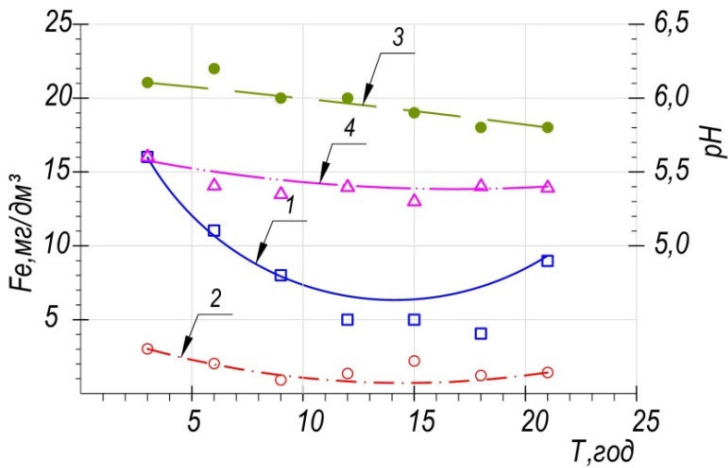
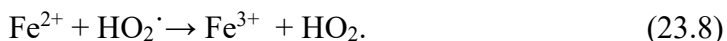
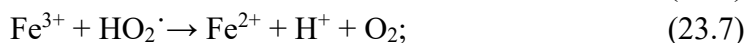
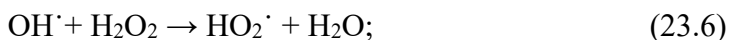
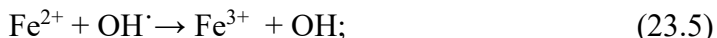
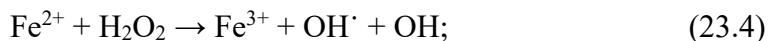


Рис. 23.12. Зміна параметрів якості води протягом фільтроциклу без використання реагентів. Концентрацій сполук феруму: 1 – після фільтра I ступеня; 2 – після фільтра II ступеня. Величин рН: 3 – після фільтра I ступеня; 4 – після фільтра II ступеня

При очищенні підземних слабокислих вод, які містять бактерії роду *Leptothrix*, в контактному завантаженні біореактора можливий механізм взаємодії амонійного нітрогену з гідроксильними радикалами  $\cdot\text{OH}$ , які утворюються в системі відповідно до реакції Фентона:



Зазначені стадії можуть бути реалізовані в кислому та слабокислому середовищах ( $\text{pH} > 2$ ) при виконанні наступних умов:  $0,5 < [\text{H}_2\text{O}_2] / [\text{Fe}^{2+}] < 200$  [30]. Проте в біореакторах, які працюють в проточному режимі із постійним припливом свіжої води, яка містить іони  $\text{Fe}^{2+}$ , а також в присутності гідроген пероксиду, який виробляється бактеріями роду *Leptothrix*, можливе проходження реакції в основному за рівнянням (4) з наступним окисненням амонійного нітрогену гідроксильними радикалами:



В результаті проходження біохімічних реакцій окиснення органічних речовин, а також процесів адсорбції катіонів  $\text{NH}_4^+$  на поверхні клітин феробактерій, які містили від'ємно заряджені групи іонів ( $\text{PO}_4^{3-}$ ;  $\text{COO}^-$ ;  $\text{HS}^-$ ;  $\text{OH}^-$ ), та зв'язуванні його в нерозчинні комплексні сполуки із полімерними структурами матриксів в контактному завантаженні біореакторі та фільтрах відбувалися процеси комплексного очищення вихідної води.

Зокрема, відбувалося зниження величин перманганатної окисності з 6,56 мг  $\text{O}_2/\text{дм}^3$  у вихідній воді до 4,5–4,0 мг  $\text{O}_2/\text{дм}^3$  після фільтрів першого ступеня та до 2,7–2,3 мг  $\text{O}_2/\text{дм}^3$  після фільтрів другого ступеня (рис. 23.13, а). Одночасно із цими процесами відбувалися процеси вилучення амонійного нітрогену з 1,8–3,0 мг/дм<sup>3</sup> у вихідній воді до 0,6–1,0 мг/дм<sup>3</sup> після фільтрів першого та до 0,55–0,2 мг/дм<sup>3</sup> після фільтрів другого ступеня (рис. 23.13, б) [13].

Таким чином, при концентраціях амонійного нітрогену 1,0–3,0 мг/дм<sup>3</sup> рекомендовано використовувати підлучення після фільтрів II ступеня, з метою стабілізаційної обробки води. При концентраціях амонійного нітрогену до 1,0 мг/дм<sup>3</sup>, для інтенсифікації процесів біологічного очищення, доцільно проводити попереднє підлучення води перед фільтрами 1-го ступеня із дозами кальцинованої соди 40–70 мг/дм<sup>3</sup>,

підвищуючи величини рН до 6,5–6,8 та гідрокарбонатної лужності до 1,8–2,35 ммоль/дм<sup>3</sup>.

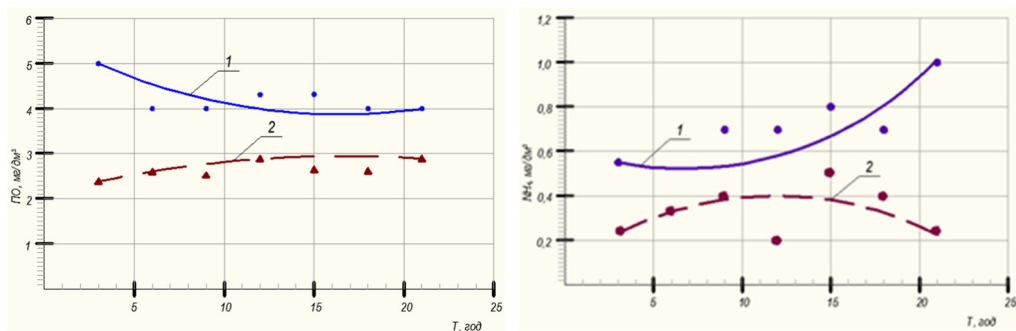


Рис. 23.13. Зміна показників перманганатної окисності (а) та концентрації амонійного нітрогену (б) протягом фільтроциклу: 1 – після фільтра I ступеня; 2 – після фільтра II ступеня (без використання реагентів)

При використанні доз кальцинованої соди вище за 100 мг/дм<sup>3</sup> рН системи підвищувалося до 7,5–8,3 (рис. 23.11). Як відомо, при таких величинах рН відбувається гальмування біологічних процесів із перевагою хімічних процесів окиснення, що призводить до утворення у міжпоровому просторі контактного завантаження аморфного осаду ферум(III) гідроксиду замість біомінералів  $\gamma\text{-FeOOH}$  [13]. Утворений аморфний осад, завдяки великій кількості захоплених молекул води, займає великий об'єм у міжпоровому просторі, що в свою чергу призводить до швидкого приросту втрат напору та зменшенні тривалості фільтроциклу [12].

За результатами проведених досліджень запропоновано технологічну схему (рис. 23.14), захищену патентом України та впроваджену в 2012 році в робочий проєкт реконструкції діючої станції очищення продуктивністю 300 м<sup>3</sup>/добу. В основу проєкту покладено модернізовану технологію на основі удосконалених біологічних та фізико-хімічних методів очищення та кондиціонування вихідної води. Технологія очищення включала наступні стадії обробки: попередню обробку води 0,5% розчином кальцинованої соди → аерацію → очищення води в біореакторі → введення розчину коагулянту → фільтрування → знезараження → стабілізаційну обробку фільтрату. Вихідна вода від свердловини перед напірним змішувачем (1) проходила обробку розчином кальцинованої соди. Змішувач (1) було обладнано системою дрібнобульбашкової аерації. Час перебування води в змішувачі становив 4–5 хвилин. Витрату повітря, яке надходило до змішувача, планувалося регулювати за допомогою ротаметру 21. Це дозволяло проводити не

тільки коригування величин рН – Eh, концентрації розчиненого кисню в системі, але й підтримувати їх значення на рівні оптимальному для життєдіяльності консорціумів мікроорганізмів.

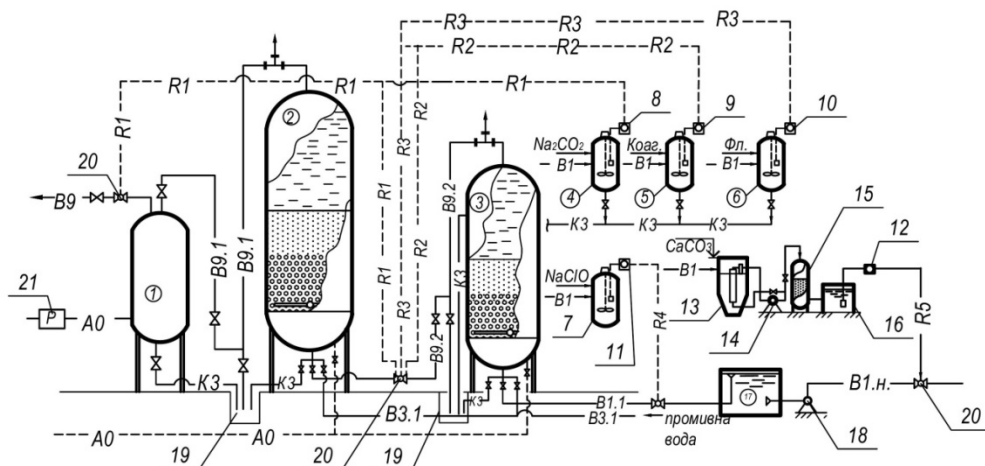


Рис. 23.14. Технологічна схема кондиціонування підземних вод:

- 1 – напірний аераційний змішувач; 2 – фільтр I ступеня (біореактор);
- 3 – фільтр II ступеня; 4, 5, 6, 7 – блоки приготування та дозування розчинів кальцинованої соди, коагулянту, флокулянту, натрію гіпохлориту;
- 8, 9, 10, 11, 12 – насоси-дозатори; 13 – гідравлічний змішувач для приготування вапняного розчину; 14 – циркуляційний насос; 15 – фільтр; 16 – витратний бак освітленого вапняного розчину; 17 – РЧВ; 18 – НС II; 20 – змішувачі; 21 – ротаметр

В подальшому вода зі зміненими показниками величин рН – Eh, гідрокарбонатної лужності, а також концентраціями розчиненого кисню та неорганічного вуглецю надходила до контактного завантаження реактора (2). Швидкість низхідного потоку води становила 2,5–3 м/год. Контактне завантаження складалося із основного фільтруючого шару крупністю фракцій  $\delta=2-3$  мм;  $h=1600$  мм; та підтримуючих шарів  $\delta=3-6$  мм;  $h=200$  мм та  $\delta=6-12$  мм;  $h=200$  мм. Час контакту води із матриксними структурами складав 50–55 хв. Як відомо [18], матриксні структури біо-мінералів ( $\gamma\text{-FeOOH}$ ,  $\alpha\text{-FeOOH}$ ) є природними сорбентами із високою питомою поверхнею контакту, що дозволяло до 30% знизити витрату алюміній гідроксохлориду ( $D_k$  10–15 мг/дм<sup>3</sup>) та неіоногенного флокулянту ( $D_f$  0,5–1,0 мг/дм<sup>3</sup>). Введення розчину коагулянту передбачалося при сезонних підвищеннях вмісту розчинених органічних речовин та кольоровості.

Процес коагуляції передбачалося проводити у надфільтровому просторі фільтрів II ступеня 3 (рис. 23.14) із подальшим розподілом фаз в завантаженні із кварцового піску крупністю фракцій  $\delta = 0,63\text{--}1,2$  мм та товщиною шару  $H_{\phi} = 1400$  мм. Розрахункова тривалість контакту води із піщаним завантаженням за проектом становила 20–25 хвилин.

Для захисту водопровідних труб та обладнання від корозії було передбачено вузол стабілізаційної обробки води (13–16). Процес знезараження фільтрату відбувався за допомогою розчину натрію гіпохлориту (7), який планувалося отримувати за допомогою електролізної установки ЕП-10-1. Доза реагенту становила  $1,0$  мг/дм<sup>3</sup>. Контакт води з хлором протягом не менше 30 хвилин забезпечувався в резервуарі чистої води (17).

Регенерація контактного та фільтруючого завантажень планувалася за допомогою повітряно-водної промивки з інтенсивністю подачі води  $18$  л/(с·м<sup>2</sup>). Скид відпрацьованих промивних вод, за проектом, планувався за технологічним трубопроводом КЗ в існуючий збірний канал, звідки повинен був відводитися за межі станції.

### **23.8. Переваги застосування біологічного методу зnezалізнення підземних вод**

Застосування біологічного методу *зnezалізнення підземних вод* дозволяє:

- відмовитися від окиснюючих колон, градирен, контактних резервуарів;
- збільшити до 20 м/год швидкість фільтрування (залежно від концентрації та форми існування заліза у вихідній воді);
- збільшити в два-три рази тривалість фільтроциклу;
- відмовитись від введення сильних окисників на початку технологічної схеми для окиснення залізоорганічних комплексів;
- відмовитися від попереднього хлорування, вводячи дезінфектант тільки перед РЧВ;
- відмовитися від потужних енергоспоживаючих пристроїв для насичення води киснем повітря;
- зменшити експлуатаційні витрати на 50–60%.

В подальшому планується проведення дослідів щодо біологічного вилучення із підземних вод катіонів мангану, хрому та розробка відповідних технологій очищення природних та оборотних вод.

В результаті проведеного моніторингу параметрів якості підземних вод в 91 населеному пункті північно-західних областей України:



- встановлено класифікацію досліджуваних вод за величинами рН, лужним резервом, концентраціями сполук феруму та розчиненої органіки;
- доведено, що стандартні фізико-хімічні методи безреагентного знезалізнення не здатні проводити належного очищення слабокислих, залізомістких вод з малим (до 2,0 ммоль/дм<sup>3</sup>) та середнім (2,0–4,0 ммоль/дм<sup>3</sup>) лужним резервом в присутності гумінових комплексів;
- розроблена фізична модель та механізми комплексного очищення підземних вод на матричних структурах біо-мінералів в міжпоровому просторі контактного завантаження біореактора;
- розроблено, досліджено та удосконалено технології комплексної водопідготовки на основі комбінованих методів очищення та кондиціонування:
  - агресивних (із дуже високим ступенем корозії  $I_L \approx -2,0$ ) слабокислих підземних вод із низьким лужним резервом (до 1,0 ммоль/дм<sup>3</sup>), перманганатною окисністю (8–12 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), кольоровістю (до 70 град. ПКШ), які містять сполуки NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (до 4 мг/дм<sup>3</sup>), Fe – ГК комплекси (до 30 мг/дм<sup>3</sup>), феноли (до 0,03 мг/дм<sup>3</sup>), H<sub>2</sub>S (до 4 мг/дм<sup>3</sup>), при можливій присутності катіонів Cr<sup>6+</sup> до 0,5 мг/дм<sup>3</sup> методами: коригування параметрів якості води (гідрокарбонатної лужності, рН, концентрації розчиненого неорганічного вуглецю) розчином кальцинованої соди – аерації – біологічного очищення – коагуляції – фільтрування через інертне та сорбційне завантаження – стабілізаційної обробки – знезараження (продуктивністю від 200 до 2000 м<sup>3</sup>/добу);
  - нейтральних агресивних вод (які проявляють тенденцію до корозії ( $I_L \approx -0,5$ ), із величиною перманганатної окисності (до 6,0 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), які містять сполуки феруму (до 5,0 мг/дм<sup>3</sup>), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (до 1,0 мг/дм<sup>3</sup>), феноли (до 0,03 мг/дм<sup>3</sup>) методами: аерації – біологічного очищення – фільтрування – реагентної стабілізаційної обробки – знезараження (продуктивністю від 1000 до 10000 м<sup>3</sup>/добу).

### *Література до розділу*

1. Б. К. Бэйтс, З. В. Кундцевич, С. У, Ж. П. Палютикоф (ред.). Изменение климата и водные ресурсы. Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата, Секретариат МГЭИК, Женева, 2008. 228 с.
2. Eckhardt K. and Ulbrich U. Potential Impacts of Climate Change on Groundwater Recharge and Streamflow in a Central European Low Mountain Range. *Journal of Hydrology*. 2003. Vol. 284. P. 244–252.
3. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2003 році. Рівне : НУВГП, 2005. 142 с.

4. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2014 році. Рівне, 2015. 200 с.
5. Квартенко О. М., Сафонов Р. В. Аналіз ступеня агресивності підземних вод Рівненської області. *Вісник НУВГП. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2015. Вип. 1(69). С. 58–66.
6. Лютий Г. Г., Саніна І. В. Фактори погіршення якості підземних вод у процесі експлуатації водозаборів в Україні. *Зб. наук. пр. Укр. держ. геологорозв. ін-ту*. 2011. № 2. С. 91–103.
7. Квартенко А. Н. Характеристика подземных вод Северо-Западных областей Украины и технологические схемы их кондиционирования. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки* : наук.-техн. зб. Київ : КНУБА, 2011. Вип. 16. С. 32–40.
8. Крайнов С. Р., Швець В. М. Гидрогеохимия. Москва : Недра, 1992. 463 с.
9. Николадзе Г. И. Улучшение качества подземных вод. Москва : Стройиздат, 1987. 239 с.
10. Квартенко О. М. Системний підхід до обґрунтуванням нових та удосконалення існуючих технологій кондиціонування багатокомпонентних підземних вод. *Комунальне господарство міст. Сер. Технічні науки та архітектура*. 2018. X. : Харківський національний університет ім. О. М. Бекетова. Вип. 140. С. 98–103.
11. Kvartenko A. N. *Practical stabilization methods of groundwater in North-Western region of Ukraine*. Water Supply and Wastewater Removal : monografie / edited by Henryk Sobczuk, Beata Kowalska. Lublin : Politechnika Lubelska, Lublin University of Technology, 2016. P. 107–120.
12. Грабовська Л. Л., Єфремова О. О. Оцінка екологічного ризику у сфері питного водопостачання в Україні. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Технічні науки*. 2010. № 54. С. 58–62
13. Квартенко О. М. Розвиток наукових засад удосконалення технологій очищення багатокомпонентних підземних вод : дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.21 / Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України. Київ, 2019. 429 с.
14. Орлов В. О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням : монографія. Рівне : НУВГП, 2008. 158 с.
15. Очищення природної води на пінополістирольних фільтрах: монографія / Орлов В. О., Мартинов С. Ю., Орлова А. М., Зошук В. О., Мінаєва Н. Л., Куницький С. О., Меддур М. М., Трохимчук. М. М. ; за заг. ред. В. О. Орлова. Рівне : НУВГП, 2012. 171 с.

16. Сафонов Н. А., Русак Г. В. Самопромывающаяся установка для биологического обезжелезивания подземных вод. *Подготовка воды для хозяйственно-питьевых целей*. Ленинград : ЛИСИ. 1984. С. 162–167.

17. C. Czekalla, W. Mevius, H. Hanert. Quantitative Removal of Iron and Manganese by Microorganisms in Rapid Sand Filters (In Situ Investigations). *Water Supply*. Berlin “B”, 1985. Vol. 3. P. 111–123.

18. Mouchet P. From Conventional to Biological Removal of Iron and Manganese in France. *Journal of the American Water Works Association*. 1992 Vol. 84, no 4. P. 158–167.

19. Iron and manganese removal by iron bacteria in groundwater / T. Tamura, T. Tsunai, Y. Ishimaru, A. Nakata. *Suido Kyokai Zasshi (J. Japan Water Works Assoc.)*. 1999. № 68. P. 1–13.

20. Sharma S. K., Petrusevski B., Schippers J. C. Biological iron removal from groundwater. *Water Supply*. 2005. № 54(4). P. 239–247.

21. Søgaaard G. E., Medenwaldt R., Abraham-Peskir J. V. Conditions and rates of biotic and abiotic iron precipitation in selected Danish freshwater plants and microscopic analysis of precipitate morphology. *Water Research*. 2000. № 34(10). P. 2675–2682.

22. Seppänen H. Experiences of Biological iron and manganese removal in Finland. *Proc. IWEM ann. Sym.* 1991. № 15(1). P. 9–11.

23. Fujikawa Y., Sugahara M., Hamasaki T., Yoneda D., Minami A., Sugimoto Y., Iwasaki H. Biological filtration using iron bacteria for simultaneous removal of arsenic, iron, manganese and ammonia: Application to waterworks facilities in Japan and developing countries. *J. Human Environ. Studies*. 2010. № 9. P. 261–276.

24. Сафонов Н. А., Квартенко А. Н., Сафонов А. Н. Самопромывающиеся водочистные установки (технология, конструкции, расчет) : монография / под редакцией Сафопова Н. А. Ровно : РГТУ, 2000. 155 с.

25. Kennedy C. B., Scott S. D, Ferris F. G Hydrothermal phase stabilization of 2-line ferrihydrite by bacteria. *Chem. Geol.* 2004. № 212. P. 269–277.

26. Chana Clara S, Fakra Sirine C., Edwards David C., Emerson David, Banfield Jillian F. Iron oxyhydroxide mineralization on microbial extracellular polysaccharides. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 73. 2009. P. 3807–3818

27. Hallbeck L., Pedersen K. Autotrophic and mixotrophic growth of *Gallionella ferruginea*. *Journal of General Microbiology*. 1991. Vol. 137. P. 2657–2661.

28. Hallberg R., Ferris, F Grant Biomineralization by *Gallionella*. *Geomicrobiology Journal*. 2004. Vol. 21. P. 325–330.

29. Comparative genomics of freshwater Fe-oxidizing bacteria: implications for physiology, ecology, and systematics / Emerson D., Field E., Chertkov O., Davenport K. W., Goodwin L., Munk C., Nolan M., Woyke T. *Frontiers in*

*Microbiology / Evolutionary and Genomic Microbiology*. 2013. Vol. 4 / Article 254.

30. Luthy R. G. New concept for iron bacteria control in water wells. *Water Well Journal*. 1964. № 24. P. 29–30.

31. Mouchet P. Biological Filtration for Iron and Manganese Removal: Some Case Studies. *WQTC 95 (AWWA) New Orleans LA Nov*. 1995. P. 12–16.

32. Квартенко А. Н. Характеристика подземных вод Северо-Западных областей Украины и технологические схемы их кондиционирования. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки* : наук.-техн. зб. Київ : КНУБА, 2011. Вип. 16. С. 32–40.

33. Квартенко О. М. Системний підхід до обґрунтування нових та удосконалення існуючих технологій кондиціонування багатокомпонентних підземних вод. *Комунальне господарство міст. Сер. Технічні науки та архітектура*. Х. : Харківський національний університет ім. О. М. Бекетова, 2018. Вип. 140. С. 98–103.

## 24. ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МАЛИХ РІЧОК УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

### 24.1. Загальна характеристика гідроенергетичного потенціалу малих річок України

Наразі одним з найефективнішим серед відновлювальних джерел енергії у світі вважається гідроенергетика, яка використовує потенціальну і кінетичну енергію водного потоку шляхом перетворення її в електричну. Незважаючи на те, що мала гідроенергетика використовується протягом багатьох десятиліть, вона продовжує розвиватися у всьому світі. Згідно зі Звітом про розвиток малої гідроенергетики у світі [1] близько 66% світового потенціалу малої гідроенергетики залишається невикористаним. У 2019 році загальна встановлена потужність малих гідроелектростанцій (МГЕС) потужністю до 10 МВт у всьому світі оцінювалася в 78 ГВт. До шістки країн-лідерів з виробництва електроенергії на малих ГЕС із встановленою потужністю до 10 МВт входять Китай (41900 МВт – 54%), США (3612 МВт – 4,6%), Японія (3545 МВт – 4,5%), Італія (3395 МВт – 4,4%), Туреччина (2961 МВт – 3,8%) і Норвегія (2571 МВт – 3,3%) [1]. Гідроенергетичний потенціал малих гідроелектростанцій України оцінюється в 375 МВт, що становить лише 0,5% від загальносвітової встановленої потужності [1; 2].

В Інституті відновлюваної енергетики НАН України досліджувалися природний та технічний потенціали річок України із врахуванням соціально-екологічних вимог та природоохоронних обмежень. Дослідження виконувалися для всієї території України, яка була умовно розділена на 6 гідрологічних зон: Українські Карпати, Західна, Поліська, Правобережно-Дніпровська, Лівобережно-Дніпровська і Сіверсько-Донецько-Приазовська.

Для усіх гідрологічних зон України були систематизовані характеристики річкового стоку за весь період спостережень. Розрахунки виконувались з використанням гідрологічної інформації по 273 пунктах виміру середньорічних витрат стоку малих річок, яка була отримана від Центральної геофізичної обсерваторії Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ЦГО) за період спостережень 1950–2010 років, та була доповнена довідниковими даними [3]. Загальна кількість гідрологічних пунктів під час досліджень була рівна 320, досліджувалося 166 річок.

Проведені за методом, викладеним у роботі [3], розрахункові дослідження дозволили визначити значення технічного потенціалу гідроенергетичних ресурсів малих річок на всій території України на рівні

1270 млн кВт·год/рік (375 МВт встановленої потужності малих ГЕС). Розподіл технічного гідроенергетичного потенціалу за гідрологічними зонами України показано на рис. 24.1 [3].

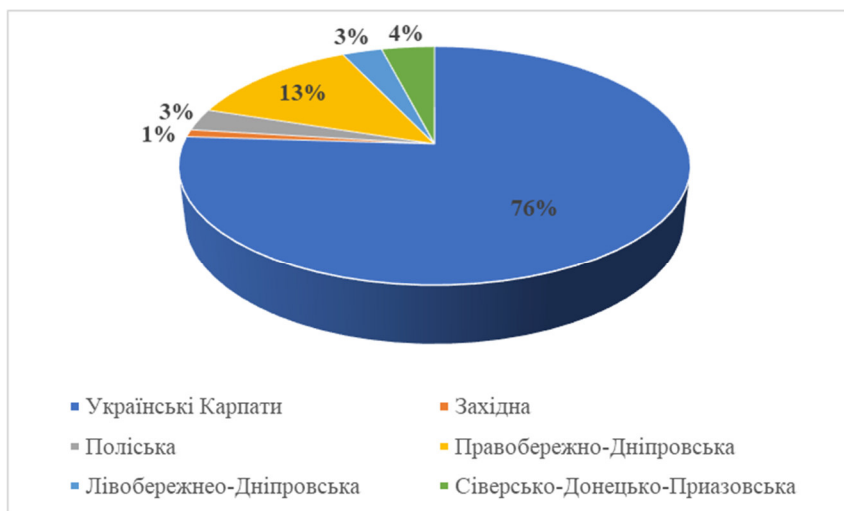


Рис. 24.1. Розподіл технічного гідроенергетичного потенціалу малих річок України за гідрологічними зонами

Дослідження показали, що найбільший технічний потенціал гідроресурсів малих річок сконцентрований у Карпатському регіоні (76%), другою за величиною гідроенергетичного потенціалу є Правобережно-Дніпровська гідрологічна зона (13%), а на Лівобережній частині України потенціал складає 7% [3]. Хоча сумарний технічний гідроенергетичний потенціал Західної та Поліської гідрологічних зон становить 4%, будівництво малих ГЕС у цьому регіоні є необхідним для його комплексного розвитку та розосередження джерел енергії.

## 24.2. Існуючий стан використання МГЕС в Українському Поліссі

Незважаючи на нерівномірний розподіл гідроенергетичних ресурсів, енергія води здавна використовувалася населенням України. На початку 1920-х років в Україні нараховувалося 84 гідроелектростанції сумарною встановленою потужністю 4000 кВт, а наприкінці 1929 року – вже 150 гідроелектростанцій загальною потужністю 8400 кВт, серед яких найбільші були Вознесенська (840 кВт), Бузька (570 кВт), Сутиська (1000 кВт) та ін. У 1934 році було введено в експлуатацію Корсунь-Шевченківську ГЕС потужністю 2650 кВт [3; 4].

Зокрема, в Українському Поліссі у 1939–1940 рр. будувалися малі ГЕС з використанням існуючих гідротехнічних споруд, гребель млинів та інколи – гідротурбін, що встановлювалися на млинах. В цей час зведені Боярська станція в Київській області (15 кВт), Літвіновичеська ГЕС у Сумській області (35 кВт), Будищанська ГЕС (60 кВт) у Чернігівській області та інші [3].

Наступні десятиріччя електрифікація сільського господарства теж базувалася на збільшенні потужностей та поліпшенні техніко-економічних показників малих гідроелектростанцій. На початку 1950-х років кількість малих ГЕС в Україні становила 956 із загальною встановленою потужністю близько 30 тис. кВт [3; 4]. Однак, враховуючи розвиток централізованого електровиробництва та електропостачання, а також сталу тенденцію до концентрації виробництва електроенергії на великих потужних ТЕС та ГЕС, будівництво малих гідроелектростанцій було зупинене. Їх почали демонтувати, консервувати, сотні малих ГЕС були зруйновані. На противагу цьому, саме в цей період (в 1960-х роках) в межах Українського Полісся побудований комплекс Київських ГЕС та ГАЕС, потужністю 408,5 МВт та 235,5 МВт відповідно.

На початок 90-х років в Україні збереглися лише 49 діючих малих ГЕС, більшість із яких потребувало значної реконструкції [4; 5]. У межах державних програм постійно розробляються проекти щодо модернізації та реконструкції діючих МГЕС, будівництва нових малих ГЕС у районах із децентралізованим енергопостачанням, а також створення малих гідроелектростанцій у регіонах із централізованим енергопостачанням на існуючих перепадах річок, водотоків та водосховищ [4; 6].

Потенційні запаси енергетичних ресурсів річки називають гідроенергетичним (загальним) потенціалом. Гідроенергетичний потенціал за виключенням втрат при їхньому освоєнні – технічним потенціалом. Практичне значення відіграє економічний (доцільний) потенціал – та частина технічного потенціалу, яку доцільно використовувати при сучасному розвитку енергетики та у недалекому майбутньому [7]. Енергетичний потенціал малих річок Українського Полісся наведено в табл. 24.1 та зображено на рис. 24.2 [2; 3].

Гідроенергетичний потенціал Житомирської області порівняно з іншими областями, що входять до зони Українського Полісся, досить високий: близько десятка середніх і багато малих річок, понад сорок водосховищ з сумарною площею дзеркала води 6756 га і корисною ємністю усіх водосховищ 135,66 млн м<sup>3</sup>, проте на сьогоднішній день він використаний лише на 60% [9]. В області у 1950-х роках на греблях було зведено більше 20 МГЕС загальною встановленою потужністю біля 5,0 МВт. Вони належали Міністерству сільського господарства колишньої УРСР, а точніше колгоспам [9]. Значна частина з них зараз відновлені, а

частина – зруйновані. Крім того, в межах Житомирської області зведені греблі на річках Ірша, Уборть, Жерев, Случ, Словечна, Стружка, на яких пропонується побудувати ряд малих гідроелектростанцій загальною потужністю 15–20 МВт [9].

Таблиця 24.1

Розподіл загального гідроенергетичного потенціалу малих річок  
Українського Полісся

Область	Технічний потенціал малих ГЕС	
	Потужність, МВт	Виробіток електричної енергії, млн кВт·год/рік
Волинська	1,0	3,5
Рівненська	2,8	9,8
Житомирська	7,8	27,3
Київська	3,14	11,0
Чернігівська	0,55	1,92
Сумська	2,2	7,7
<b>Усього по Поліссю</b>	<b>17,49</b>	<b>61,22</b>

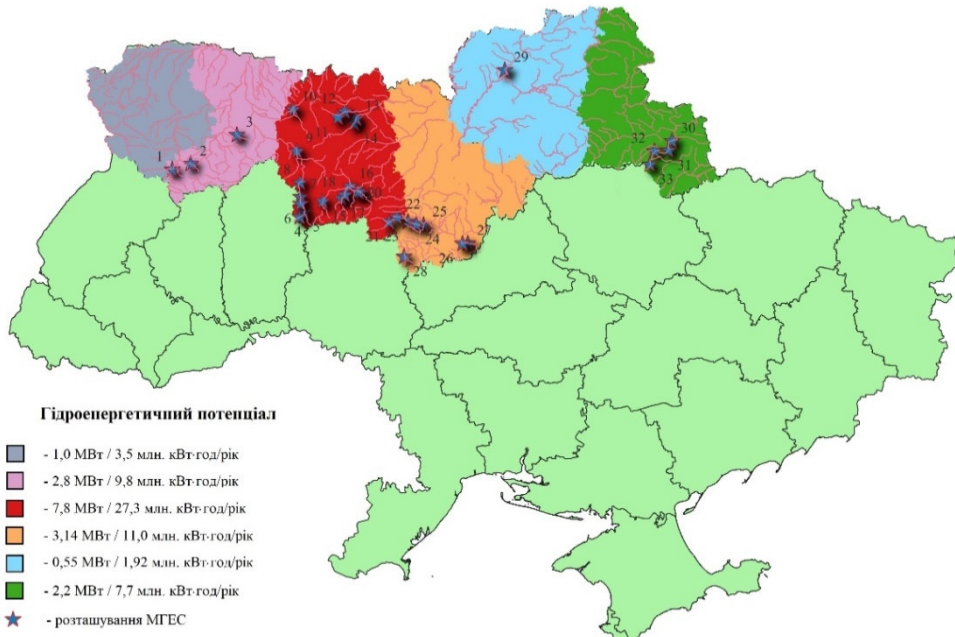


Рис. 24.2. Гідроенергетичний потенціал та розташування малих ГЕС в районах Українського Полісся [2; 8]



Попри те, що зона Українського Полісся не має значних гідроенергетичних ресурсів порівняно з іншими гідрологічними зонами [3], розвиток малої гідроенергетики можливий за рахунок існуючих гребель на малих річках, загат водяних млинів, оснащених водоскидами. Такі споруди можна використовувати як водозабори малих ГЕС, що спрощує будівництво та скорочує терміни пуску. Окупність малих гідроелектричних станцій висока (в межах 2–3 років) – отже, експлуатувати їх вигідно [9].

На сьогоднішній день в областях, що входять до Українського Полісся, діє 33 малі гідроелектростанції (рис. 24.2, табл. 24.2) [8]. Слід відмітити, технічний стан існуючих малих гідроелектростанцій відзначається на даний час значним спрацюванням основного гідросилового, гідротехнічного і електротехнічного обладнання; наявністю несправностей у гідротехнічних спорудах напірного фронту, що можуть викликати аварійні ситуації; заростанням та замуленням водойм; збільшенням відбору води з водосховищ на неенергетичні цілі; розмивами кріплень берегових і водозливних частин нижніх б'єфів тощо.

Таблиця 24.2

Список об'єктів малої гідроенергетики, розташованих в районі  
Українського Полісся

№ з/п	Назва	Встановлена потужність N, МВт	Річка
1	2	3	4
Рівненська область			
1	Млинівська ГЕС	0,38	Іква
2	Хрінницька ГЕС	0,9	Стир
3	ГЕС Рівневтормет	0,08	Замчисько
Житомирська область			
4	Пединківська ГЕС	0,4	Случ
5	Любарська ГЕС	0,2	Случ
6	Чортійська ГЕС	0,32	Случ
7	Миропільська ГЕС	0,58	Случ
8	МГЕС Баранівка	0,38	Случ
9	МГЕС Чижівка	0,62	Случ
10	Лопатицька ГЕС	0,25	Уборть
11	Лугинська ГЕС	0,26	Жерев
12	Повчанська ГЕС	0,15	Жерев
13	Бардівська ГЕС	0,18	Уж

1	2	3	4
14	Коростенська ГЕС	0,15	Уж
15	Чуднівська ГЕС	0,13	Тетерів
16	Мікро ГЕС Житомир	0,19	Тетерів
17	ГЕС Рудня-Городище	0,19	Гнилопять
18	Троянівська ГЕС	0,15	Гнилопять
19	Ліщинська ГЕС	0,09	Гуйва
20	Млинищенська ГЕС	0,18	Гуйва
21	Трубіївська ГЕС	0,13	Раствавиця
22	Голуб'ятинська ГЕС	0,15	Раствавиця
Київська область			
23	Дулицька ГЕС	0,16	Раствавиця
24	Матюшівська ГЕС	0,1	Раствавиця
25	ГЕС Гідро-Інвест	0,93	Рось
26	Дибинецька ГЕС	0,6	Рось
27	Богуславська ГЕС	1,7	Рось
28	МГЕС Гідроенергоресурс	0,13	Роська
Чернігівська область			
29	Седнівська ГЕС	0,18	Снов
Сумська область			
30	Низівська ГЕС	0,6	Псел
31	Ворожбянська ГЕС	0,4	Псел
32	Михайлівська ГЕС	0,26	Псел
33	Бобрівська ГЕС	0,25	Псел

Згідно з даними [2] зона Українського Полісся не має значного технічного потенціалу потужності та виробітку енергії. Однак, враховуючи можливість отримання дешевої та екологічно чистої відновлювальної енергії, енергопостачання локальних споживачів, зменшення довжини ЛЕП – використання гідроенергетичного потенціалу малих річок Українського Полісся є доцільним. Більше того, відповідно до Рішення Ради Міністрів Енергетичного Співтовариства D/2012/04/МС-ЕпС, Україна зобов'язувалася до 2020 року досягти рівня 11% енергії, виробленої з відновлювальних джерел енергії у повній структурі енергетичного постачання. Мала гідроенергетика займає значну роль для досягнення цілей, визначених Європейським Співтовариством [10].

### 24.3. Перспективи розвитку малої гідроенергетики України та на Поліссі

Збільшення виробництва енергії на малих ГЕС останнім часом дещо сповільнилося внаслідок меншої кількості потенціальних інвесторів та зменшення кількості гідроенергетичних ресурсів у зв'язку із зміною клімату. Проте планові показники розвитку малої гідроенергетики визначаються Енергетичною стратегією України до 2030 року та Енергетичною стратегією України до 2035 року, де встановлено такі основні цілі [3; 6; 11]:

- першочергове відновлення малих ГЕС з гідротехнічними спорудами, які збереглися;
- реконструкція діючих малих ГЕС;
- будівництво нових малих ГЕС на існуючих водосховищах господарського призначення;
- спорудження нових малих гідроелектростанцій на річках Тиса, Дністер та їхніх притоках для комплексного енергозабезпечення західних областей та захисту навколишніх територій від повеней;
- стандартизація та типізація проєктних рішень для нових малих гідроелектростанцій, що дозволить максимально використовувати типові гідроенергетичне й електричне обладнання та зменшити капіталовкладення.

Довгострокові переваги будівництва та експлуатації малих гідроелектростанцій є такими [3]:

- зменшення в енергосистемі паливної складової;
- зменшення техногенного навантаження на оточуюче середовище через зменшення використання органічного та ядерного палива;
- зменшення темпів використання непоновлювальних енергоресурсів;
- надходження податкових зборів до місцевих бюджетів громад;
- створення більш повного працевлаштування населення;
- відновлення природних ландшафтів та акваторій водотоків.

Вагомим стимулом розвитку використання відновлювальних джерел енергії у місцевих громадах стало затвердження у 2009 році «зеленого» тарифу. «Зелений» тариф – це економічно-політичний механізм для залучення інвестицій до проєктів електроенергетики, що використовують альтернативні відновлювальні джерела енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії – вироблена лише малими гідроелектростанціями) [7]. При цьому держава гарантує, що уся кількість виробленої енергії з відновлюваних джерел купується Оптовим ринком електроенергії за «зеленим» тарифом. «Зелений» тариф для малих ГЕС встановлено до 2030 року. Його розмір визначається Національною

комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) і залежить від встановленої потужності малої ГЕС і року введення в експлуатацію.

Спорудження малих ГЕС сприяє децентралізації об'єднаної енергосистеми. Цим знімається ряд проблем в електропостачанні важкодоступних районів енергоспоживання. Місцеві громади отримують доходи від податків та нові робочі місця. Значна увага приділяється розробці проєктів реконструкції або будівництва малих гідроелектростанцій, що передбачають реконструкцію гідротехнічних споруд існуючих водосховищ або технічних споруд систем водовідведення.

У роботі [12] описано експерименти, проведені на малих ГЕС із активною потужністю генераторів від 85 кВт до 2,5 МВт при тиристорних і електромашинних системах збудження. Дослідження проводилися на пригреблевих, дериваційних і руслових ГЕС при напорах від 2 до 12 м. Малі ГЕС працюють на АТ «Вінницяобленерго», АТ «Сумиобленерго» та АТ «Чернігівобленерго» [12]. Експеримент полягав у тому, що мала ГЕС повинна була працювати відокремлено від енергосистеми України – і забезпечувати електроенергією лише декілька навколишніх населених пунктів. Таким чином моделювався найважчий режим роботи енергосистеми – повний «блекаут».

Однією з умов досліджень було те, що запускатися мала ГЕС повинна була з повністю відключеного стану (що моделює неочікуване використання спеціальних графіків аварійного відключення /СГ АВ/, які останнім часом дуже часто застосовуються). Час застосування СГ АВ становить три хвилини, тобто мала ГЕС не встигає отримати інформацію про це завчасно, з метою розвантаження – і переключитися на ізольовану від енергосистеми роботу [12].

Дослідження пройшли успішно, що доводить доцільність використання малої гідроенергетики для енергопостачання локальних енергоспоживачів.

#### **24.4. Обладнання малих гідроелектростанцій**

За останні роки відновився та постійно зростає інтерес до використання малих ГЕС. У більшості країн вони споруджуються на новій, більш удосконаленій технічнологічній основі, пов'язаній, зокрема, з повною автоматизацією їх роботи та дистанційним управлінням. В табл. 24.3 наведено класифікацію гідроелектростанцій малої потужності [13].

Таблиця 24.3

## Класифікація ГЕС малої потужності у світовій практиці

<b>Країни і організації</b>	<b>Малі ГЕС, кВт</b>	<b>Міні-ГЕС, кВт</b>	<b>Мікро-ГЕС, кВт</b>
<b>IN-SHP</b> (Міжнародна мережа малої гідроенергетики)	501–10000	101–500	<100
<b>UNIDO</b> (Організація розвитку промисловості об'єднаних націй)	2001–10000	101–2000	<100
<b>ESHA</b> (Європейська асоціація малої гідроенергетики)	<15000	-	-
<b>OLADE</b> (Латиноамериканська енергетична організація)	501–5000	51–500	<50
<b>Китай</b>	501–50000	101–500	<100
<b>Швеція</b>	101–15000	-	-
<b>США</b>	<15000	501–2000	<500
<b>Індія</b>	<25000	<2000	<100
<b>В'єтнам</b>	501–5000	51–500	<50
<b>Японія</b>	<10000	-	-
<b>Франція</b>	2001–8000	501–2000	<500
<b>Індонезія</b>	<5000	-	-
<b>Норвегія</b>	<10000	-	-
<b>Канада</b>	<30000	<1000	-
<b>Аргентина</b>	<5000	<1000	-
<b>Бразилія</b>	<10000	-	-
<b>Італія</b>	<3000	-	-
<b>Україна</b>	<10000	<1000	<200

До основних переваг малих ГЕС належать:

- виробіток дешевої електроенергії;
- збереження якості води та відсутність шкідливих викидів в атмосферу;
- затоплення незначних площ територій;
- збільшення енергонезалежності віддалених районів;
- можливість використання технологічних водопровідних потоків;
- високий коефіцієнт використання встановленої потужності у порівнянні з вітровими та сонячними електростанціями.

Основними недоліками малих ГЕС є:

- обміління річок;
- замулення водосховищ;
- можливі екологічні ризики;
- втрата середовища існування об'єктів тваринного світу та порушення шляхів міграцій.

До складу гідроенергетичних об'єктів входять гідроагрегати, які виробляють електричну енергію. За принципом дії гідротурбіни поділяють на два основних типи: активні і реактивні. В залежності від напору води на ГЕС застосовуються різні види турбін: на низьконапірних ГЕС – поворотлопатеві і пропелерні турбіни, на середньонапірних встановлюються поворотлопатеві і радіально-осьові турбіни, на високонапірних – ковшові та радіально-осьові турбіни.

Будівля малої гідроелектростанції зазвичай являє собою залізобетонну конструкцію, головним призначенням якої є розміщення основного гідросилового (турбін, генераторів, систем контролю і автоматизації) та допоміжного обладнання.

Нині обладнання для малих ГЕС виробляють численні фірми багатьох країн у широкому діапазоні параметрів. Серед європейських країн лідерами у розвитку малої гідроенергетики є Австрія, Чехія, Польща, Італія, Норвегія, які значну увагу приділяють підвищенню економічної ефективності малих ГЕС за рахунок спрощення їх проектування, будівництва та експлуатації, типізації проєктних рішень, стандартизації устаткування та повної автоматизації роботи ГЕС.

Одним з найбільш перспективних технологічних рішень при будівництві малої ГЕС є впровадження кількох турбін різної потужності. Це аргументується тим, що створити верхнє накопичувальне водосховище великої ємності при зведенні нової малої ГЕС, сьогодні практично неможливо, за винятком проєктів станцій у малонаселених гірських районах [14].

Австрійська компанія **Andritz Hydro** [17] є одним із провідних світових постачальників електромеханічного обладнання та послуг для

гідроелектростанцій. Діяльність Andritz Hydro зосереджена на розробці рибопродуктивних рішень для збереження життєздатності рибних популяцій при одночасному застосуванні вискоелективних енергетичних технологій. Компанія дотримується комбінованої стратегії розробки гідроенергетичного обладнання, яка спрямована на забезпечення високих показників виживання риби. Різні конструктивні особливості агрегатів, які можуть мінімізувати механізмами травми, викликаними різними стресовими факторами (вимірюваними, фізичними величинами, які можуть бути пов'язані з кожним механізмом травми). Варто зазначити, що оптимальний вибір конструктивних параметрів для виживання риби може дещо відрізнятись від тих дизайнерських міркувань, в яких єдиним завданням є максимізація виробництва енергії або мінімізація витрат (рис. 24.3).

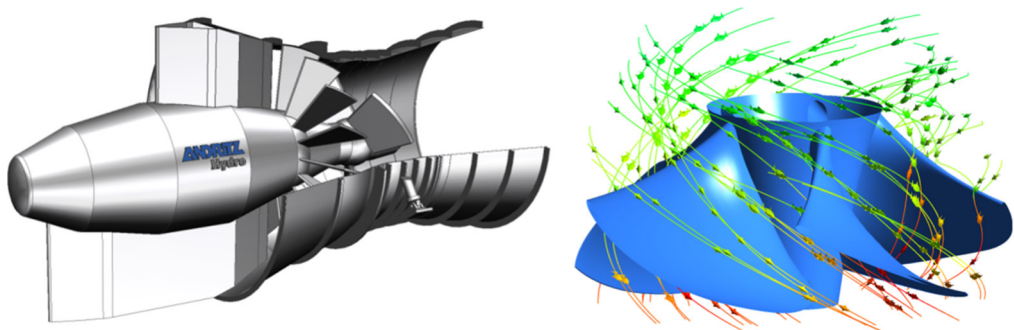


Рис. 24.3. Гідротурбіна fish-friendly компанії Andritz Hydro

Ведуча компанія світового рівня **Mavel** [18], яка займається виробництвом гідротурбін на заводах у Чеській Республіці, які оснащені найсучаснішим обладнанням. Компанія Mavel розробляє та виробляє гідротурбіни та відповідне обладнання для гідроелектростанцій із встановленою потужністю від 30 кВт до 30 МВт. До цих гідротурбін входять повний ряд поворотно-лопатевих, радіально-осьових, ковшових гідротурбін та модульні гідротурбіни.

Модульна мікротурбіна компанії Mavel (рис. 24.4) розроблена для гідровузлів з невеликою витратою води та низьким напором. Гідротурбіна використовує технологію сифона з використанням робочого колеса поворотно-лопатевого типу з чотирма лопатями, що налаштовуються вручну. Робоче колесо з'єднується з асинхронним генератором або безпосередньо або через передачу. Це дозволяє оптимізувати обороти гідротурбіни та генератора залежно від умов конкретного місця розміщення ГЕС.

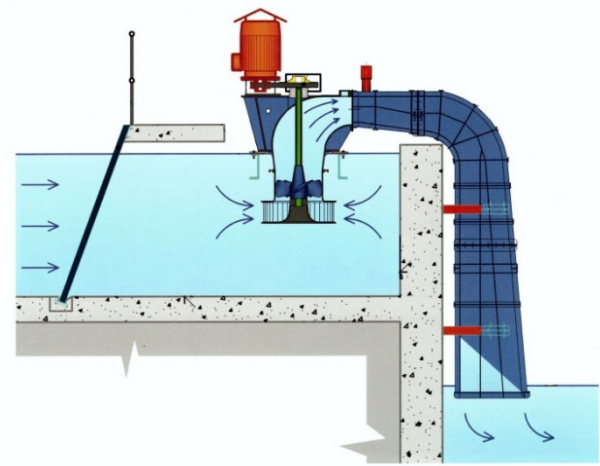


Рис. 24.4. Модульна гідротурбіна сифонного типу

За минулі 20 років компанія Mavel встановила понад 65 мікротурбін у Болгарії, Чеській Республіці, Фінляндії, Італії, Японії, Латвії, Німеччині, Польщі, Словаччині, Словенії, США та Україні.

До переваг гідротурбін Mavel відносять: модульну конструкцію, немає потреби в машинній залі, налаштування лопатей робочого колеса вручну, технологія сифону, надійна конструкція.

В комплектацію входять гідротурбіна, генератор, тяга та автоматизована система керування (рис. 24.5).



Рис. 24.5. Гідроелектростанція Olawa II (3 x TM10 Modular Micro  
 $H=4,0\text{ m}$ ;  $Q=11,7\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $N=300\text{ kW}$ )



Зокрема, гідроагрегати фірми Mavel встановлені після реконструкції на Новошицькій малій ГЕС на річці Бистриця Тисменицька поблизу села Новошичі Дрогобицького району Львівської області (рис. 24.6).

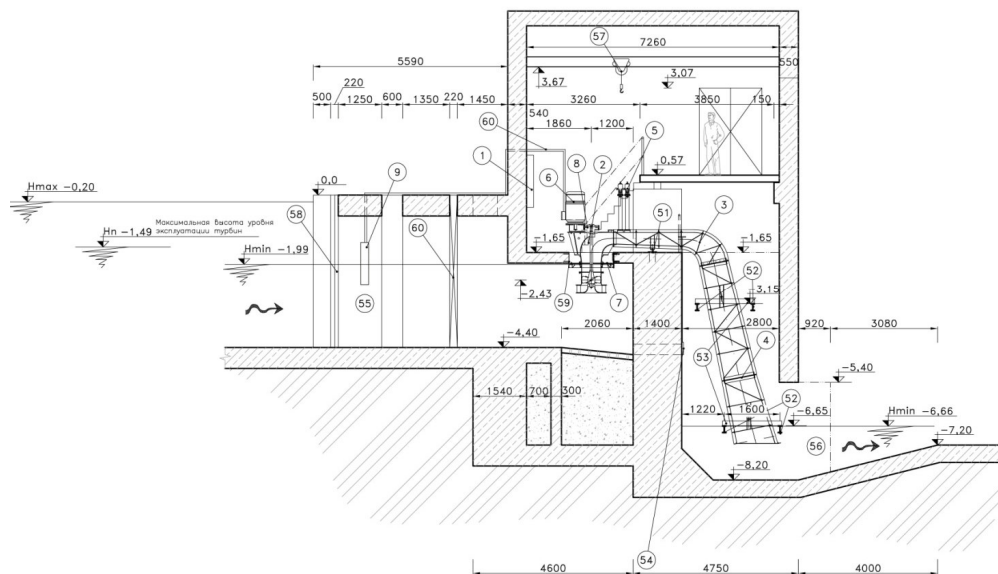


Рис. 24.6. Новошицька МГЕС після реконструкції з гідроагрегатами Mavel

Польська компанія **WTW** є провідним польським виробником турбін, а також механічного і електричного обладнання для малих гідроелектростанцій, що почала свою діяльність з 1986 року [19]. Проекти гідротурбін розробляються з використанням програм для 3D-моделювання, а для виготовлення турбін та обладнання для електростанцій використовуються матеріали та комплектуючі світових виробників.

Переваги: гідравлічний к.к.д. більше 91%, знижений коефіцієнт кавітації, збільшення діапазону напору, на якому можуть працювати турбіни, простота конструкції, введення у виробництво турбін з 5-лопатковим робочим колесом

Горизонтальна турбіна рекомендована для застосування на низьконапірних гідровузлах для напорів 1,5–5,0 м, витрат води 2–14 м<sup>3</sup>/с, потужністю до 600 кВт і діаметром робочого колеса 830–1640 мм. Турбіна оснащена датчиками температури підшипників, датчиками вібрацій підшипників, датчиком оборотів та потенціометрами (рис. 24.7).

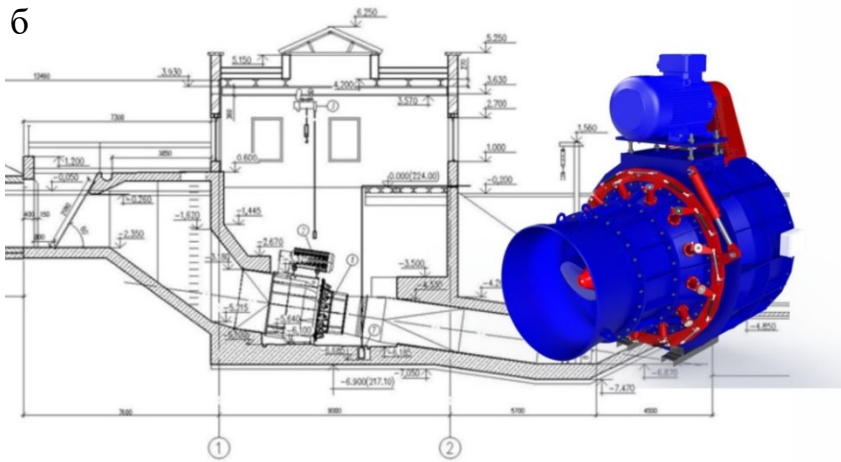


Рис. 24.7. Чорторійська МГЕС на р. Случ з гідроагрегатом WTW:  
а – вигляд з нижнього б'єфу, б – поперечний розріз

У 2010 році в компанії **GESS-CZ** (Чеська Республіка) були розроблені та запущені у виробництво гвинтові турбіни [20]. Це відносно нова система заснована на принципі стародавнього насоса, так званого гвинтового насоса Архімеда, який обертається в зворотному напрямку (рис. 24.8). Гвинтова турбіна – це гравітаційна механічна машина, яка перетворює потенціальну енергію водного потоку в механічну енергію, а потім, завдяки редуктору і генератору, в електричну. Вода протікає по руслу в жолоб шнекової турбіни, нахилений під певним кутом. Своєю

вагою вона діє на лопаті гвинтової частини ротора турбіни і повільно обертає всю турбіну.

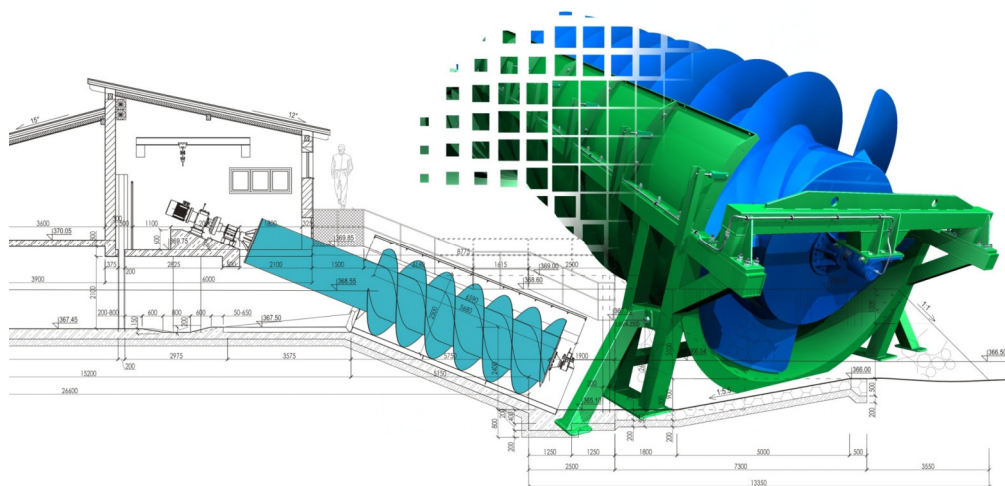


Рис. 24.8. Приклад компоновки будівлі МГЕС з гвинтовою турбіною

Переваги: простота конструкції, довговічність, високий к.к.д., безвідмовна при низьких витратах, простота обслуговування, нескладний доступ до робочої частини турбіни, можливість установки на низьконапірних гідровузлах (від 1,1 м), не потребує дрібну сміттєзатримуючу решітку, можливість установки на водозливах, покращує якість води у водотоці (рис. 24.9). Реалізації проєктів таких турбін можна знайти практично по всій Європі.

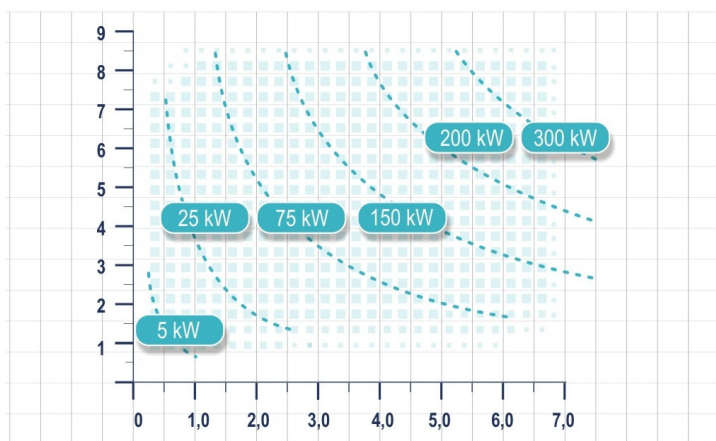


Рис. 24.9. Потужність гвинтових турбін GESS-CZ

В останні роки на малих ГЕС широко використовуються шнекові турбіни (рис. 24.10). Для удосконалення їх конструкції запропонована турбіна зі спіралеподібними лопатями [22].



Рис. 24.10. Гідроелектростанція Rosko з шнековими турбінами  
(6 x ST 3250-4970  $H=1,7$  m;  $Q=4,5\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  ;  $N=360$  (6x60) kW)

В основу такого рішення було поставлено завдання вдосконалити шнекову турбіну, в якій шляхом конструкційних змін та додавання нових компонентів збільшується ККД через створення поступового відведення від центру потоку з концентрацією рушійних сил потоку ближче до корпусу (більшого діаметра) турбіни, та їх максимальний обмін механічною енергією зі спіралеподібною лопаттю за рахунок створення розрідження на виході. Також поставлено завдання зменшення розміру конструкції порівняно з уже відомими аналогічної потужності турбінами. Також додатково поставлено завдання на зменшення втрат кінетичної енергії (накопичення та збереження кінетичної енергії – ефект маховика).

Поставлені завдання вирішується у запропонованому рішенні турбіни з лопатями, які розташовані концентрично та спіралевидно вздовж осі обертання турбіни і нерухомо з'єднують корпус з валом, що розташований вздовж осі обертання турбіни. Лопать скомпонована із можливістю максимального перекривання простору для руху потоку, при цьому кут розміщення лопаті до корпусу поступово зменшується від входу до виходу з нього. Турбіна конструктивно виконана із поступовим зменшенням площі каналів потоку від входу до виходу корпусу. Запропоноване рішення турбіни зі спіралеподібними лопатями передбачає розміщення на валу 1 порожнистого циліндричного корпусу турбіни 2, який нерухомо з'єднаний з спіралеподібною лопаттю 3 (рис. 24.11).

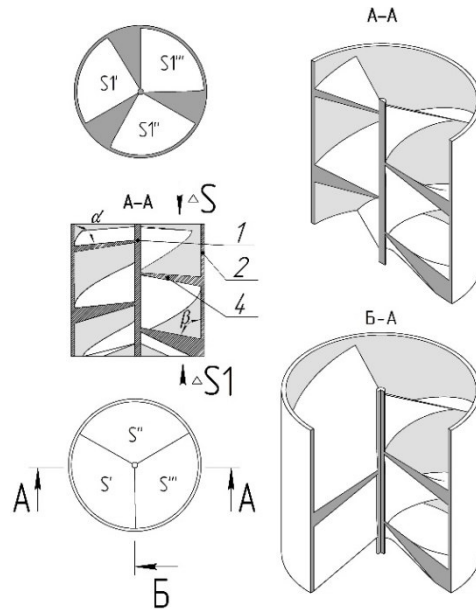


Рис. 24.11. Схема турбіни зі спіралеподібними лопатями (1 – вал, 2 – порожнистий циліндричний корпус, 3 – спіралеподібна лопать)

Лопаті розташовані так, що максимально перекривають простір для безперешкодного руху потоку тим самим значно збільшуючи тиск на них, відповідно і ККД всієї установки.

Технічний результат досягається шляхом утворення площі каналів всередині турбіни з поступовим зменшенням площі проходження потоку до виходу  $\Delta S > \Delta S_1$  (рис. 24.11), що дозволяє збільшити потужність запропонованого рішення турбіни, використовуючи додатковий перепад тиску в гідротурбіні, фізично посилюючи гідродинамічну взаємодію, яка відбувається як за рахунок збільшення кількості і швидкості рідини, яка проходить крізь гідротурбіну, так і за рахунок збільшення перепаду статичного тиску як в гідротурбіні, так і за нею. Крім того, за рахунок будови лопатей зі змінним кутом атаки ( $\alpha$  поступово зменшується до виходу стаючи  $\beta$  – рис. 24.11) дозволяє покращити розподіл потоку від центру (де його ефективність найменша) в область корпуса - до більшого діаметра, де ефективність найвища. Залежність зміни початкового кута атаки  $\alpha$  з кінцевим  $\beta$  залежить від умов та сфери застосування. Також додатково при запропонованому конструкційному виконанні, корпус турбіни виконує роль маховика, оскільки при обертанні акумулює кінетичну енергію, підсилюючи енергію потоку.

Відтак, заявлена будова лопатей гідротурбіни дозволяє максимально використовувати кінетичну енергію потоку та зменшує кінцеві втрати від

мінімальних завихрень, що сходять з кінців лопатей збільшуючи його ККД.

Також, розміщення лопатей, перекриваючи сусідню лопать, дозволяє отримати додатковий реактивний момент, оскільки в утворених каналах, які звужуються, відбувається падіння тиску з одночасним зростанням швидкості потоку на виході з нього.

## **24.5.осушення земель як водноенергетичний ресурс**

**24.5.1. Загальна характеристика.** Потенціальні можливості осушувальних земель України дуже великі. Площа боліт і перезволожених земель в Україні складає близько 4190 тис. га, із них боліт і торфоболотних земель – 613 тис. га, заболочених земель – близько 745 тис. га і перезволожених земель – 2834 тис. га [23].

Всі західні області були і є перспективними землями для осушення. Значно перезволоженим є Українське Полісся: Волинська, Житомирська, Київська, Рівненська, Сумська, Чернігівська області. Перезволоженими є Вінницька, Івано-Франківська, Тернопільська, Хмельницька області та інші площі, розміщені в басейнах річок Дніпра, Прип'яті, Десни, Західного Бугу, Дунаю, Дністра, Південного Бугу, Сіверського Дінця тощо.

Проблему меліорації заболочених та перезволожених земель західних областей України науковці розпочали досліджувати ще у другій половині 18 століття. Наукові джерела свідчать, що меліоративні роботи на цих землях розпочали проводитись ще в 1759 р. у зв'язку з проектом сполучення річок Дністра і Вісли за допомогою каналу Вишня – Сан. З середини XIX століття для осушення перезволожених земель незначні обсяги робіт з регулювання річок і осушення земель відкритою мережею каналів були проведені у басейнах Прута і Тиси. На території Прип'ятського Полісся перші спроби осушення окремих заболочених ділянок відбулись до 70-х років XIX століття, під час відомих досліджень Західної експедиції під керівництвом Й. Жилінського. В Україні Полісся охоплює Поліську низовину й частину Придністровської низовин. Його площа становить 117,7 тис км<sup>2</sup> (19,5% території України) [24].

Найважливішою умовою розвитку країни є забезпечення промисловості сировиною сільськогосподарського виробництва, а населення – продуктами харчування. У системі заходів із досягнення цієї мети центральне місце належить осушувальній меліорації, якій надається вирішальна роль у стійкому нарощуванні продовольчого фонду країни.

Осушувальні землі також мають важливе значення для підвищення водноенергетичного потенціалу річок за рахунок збільшення площі водозбору.

**24.5.2. Загальна класифікація насосних станцій.** Дуже часто поверхня осушуваної площі земель розміщується нижче рівня води у водоприймачі, осушувального каналу або має тривале затоплення, в цих випадках застосовують підйом води з осушуваної мережі за допомогою насосів. Склад споруд насосних станцій, їх відповідне розташування і конструктивне вирішення залежить від багатьох факторів: призначення, подачі і напору, природних умов (рельєф місцевості, коливання рівня води у верхньому та нижньому буфах, об'єм твердого стоку, інженерно-геологічні умови) та інше.

Насосні станції мають основну класифікацію:

- за призначенням – на зрошувальні (подають воду на зрошення), осушувальні (відкачують воду, що поступила з осушувальної території), каналізаційні (перекачують дощові, побутові чи промислові стоки), сільськогосподарські (подають воду сільськогосподарським споживачам), водопровідні (для водопостачання населених пунктів і промислових об'єктів), дренажні, спеціальні.

- за конструктивними признаками – руслові, дериваційні;
- за умов використання – постійні і тимчасові.

**24.5.3. Осушувальні насосні станції.** Розрізняють такі групи осушувальних насосних станцій:

- для перекачування (у водоприймач) води поверхневого стоку;
- для перекачування ґрунтових вод;
- для перекачування як поверхневих, так і ґрунтових вод.

Ґрунтові води складають, зазвичай, незначний об'єм порівняно з водами поверхневого стоку. Тому насосні станції першої та третьої групи як за конструкцією, так і за гідромеханічним обладнанням мало відрізняються одна від одної і можуть бути об'єднані в одну групу. Насосні станції другої групи характеризуються порівняно невеликими подачами і малими коливаннями їх. Насосна станція може обслуговувати окремі елементи дренажу, декілька колодязів чи систему дрен. Такі станції називаються груповими. Вода до них підводиться закритим колектором (рис. 24.12).

Можливі насосні станції, які обслуговують безпосередньо один колодязь дренажу.

Насосні станції для відводу одночасно поверхневого і підземного стоку характеризуються коливанням подачі і напору. Часто це вимагає встановлення потужних та різних насосних агрегатів. Розрахункова продуктивність насосної станції визначається гідрологічними і економічними розрахунками. Розташування споруд гідровузла може бути таким (рис. 24.13).

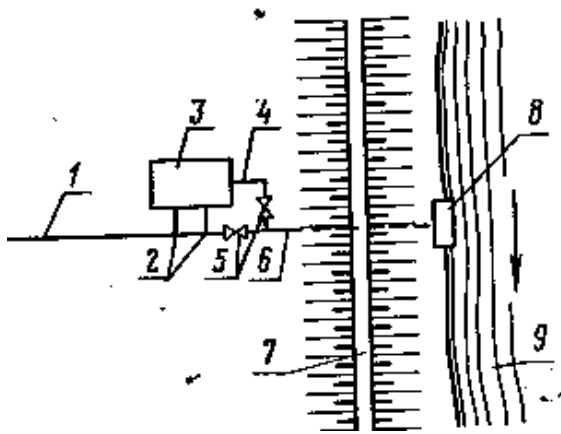


Рис. 24.12. Схема насосної станції при підводі води до неї закритим колектором:

1 – колектор; 2 – труби, які підводять воду до будівлі станції; 3 – будівля насосної станції; 4 – напірний трубопровід; 5 – затвори; 6 – трубопровід самоплинно-напірного відводу води; 7 – дамба; 8 – водовипускна споруда; 9 – водоприймач (річка)

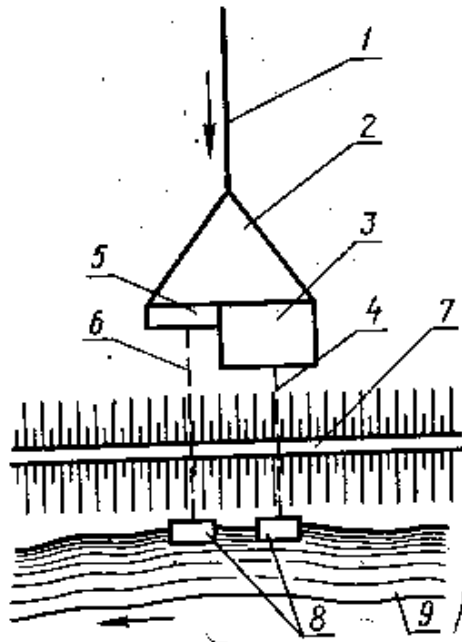


Рис. 24.13. Загальна схема гідровузла з осушувальною насосною станцією:  
 1 – магістральний осушувальний канал; 2 – аванкамера; 3 – будівля насосної станції; 4 – напірні трубопроводи; 5 – шлюз самоплинного скиду; 6 – трубопровід самоплинного скиду; 7 – дамба; 8 – водовипускні пристрої; 9 – водоприймач



Маючи такі дані, визначають об'єми стічних вод, які необхідно видаляти з території. Визначивши подачу насосної станції, можна на основі графіків коливання горизонтів води у водоприймачі визначити розрахункові напори насосної станції.

Для правильного уявлення про режим стоку поверхневих вод і вибору режиму водопідіймальної станції будують криві залежності витрати від тривалості стоку для багатоводного, маловодного і середнього року різної забезпеченості. При цьому використовують матеріали гідрологічних досліджень та вишукування.

На основі графіків коливання рівнів води у водоприймачі визначають розрахункові напори насосної станції.

Подачу насосної станції уточнюють, оскільки в дійсності можуть бути встановлені різні насосні агрегати. Крім того ув'язують спільну роботу насосної станції і підвідного водоводу. Водоводами можуть бути відкриті канали і колектори. Відкритий канал служить в той же час і магістральним каналом осушувальної системи. Він може закінчуватись перед насосною станцією регулюючим басейном чи аванкамерою. В останньому випадку функцію регулюючого басейну виконує запасна ємність мережі. Це відноситься і до безнапірних колекторів, якщо відсутній регулюючий резервуар в кінці колектора [25].

При наявності регулюючого басейну перед насосною станцією питання про режим її роботи вирішується простіше (наповнення і спорожнення водойм). Але регулюючий басейн може влаштовуватись тільки на невеликих системах чи при наявності природного заглиблення місцевості біля насосної станції.

**24.5.4. Осушувальні системи на польдерах.** Для зменшення висоти підйому води насосними станціями будуються польдери в переважно мілких за глибиною осушуваних каналах.

Закриті осушувальні системи, що потребують значного заглиблення осушувальної системи, влаштовують лише на польдерах середнього і високого рівня, що мають відмітки на 1–1,5 м вище рівня води у водоприймачі.

Осушувальні канали на польдерах проєктують з мінімальними похилами (0,0002–0,0005). Пропускна здатність каналів збільшується завдяки збільшенню ширини по дну. Особливістю осушувальних систем на польдерах є влаштування перед насосною станцією регулювального басейна, який акумулює частину паводкових вод під час паводка. Це дає змогу підібрати тип насосної станції з найдоцільнішими техніко-економічними характеристиками насосів.

Глибину регулювальних басейнів встановлюють з таким розрахунком, щоб він не перевищував максимального розрахункового рівня у магістральному каналі осушувальної системи. Дно

регулювального басейну має бути нижче дна магістрального каналу, що в нього впадає, на 0,5–1 м.

Насосні станції на польдерах працюють від 60 до 150 днів на рік по декілька годин на добу. Найбільше навантаження припадає на весняний період або на період інтенсивних літньо-осінніх дощів. У зимовий період насосні станції можуть включатись у роботу лише під час сильних відлиг.

Для відкачування води застосовують низьконапірні насоси великої продуктивності: відцентрові, пропелерні, гвинтові або капсульні (глибинні). На насосних станціях встановлені електродвигуни, на випадок припинення подачі електроенергії проєктують аварійні дизельні двигуни.

Гідровузол насосної станції може бути суміщеним або з розділним водозабором. Суміщений розміщується у тілі дамби разом з всмоктувальною і напірними лініями. Типова схема польдерної насосної станції зображена на рис. 24.14.

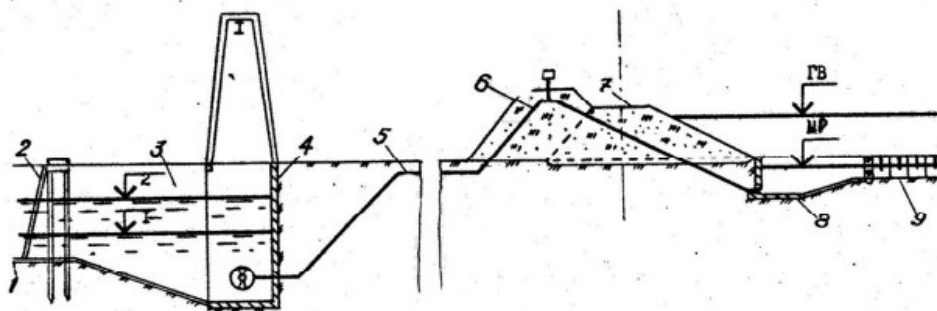


Рис. 24.14. Схема споруд польдерної насосної станції:

- 1 – магістральний канал, 2 – водозабірна споруда, 3 – аванкамера,
- 4 – будівля насосної станції, 5 – напірний трубопровід, 6 – сифонний водовипуск,
- 7 – дамба обвалування, 8 – напірний басейн, 9 – відвідний канал

Будівля насосної станції може бути камерною з сухою камерою; камерною з мокрою камерою і затопленим насосом, блочною.

Насоси у станціях відносно рівня води можуть розміщуватись нижче (для осьових насосів) і вище рівня води (для відцентрових насосів). Широко застосовуються капсульні (глибинні) насоси, які встановлюють безпосередньо у каналах без будівлі насосної станції. Перевага таких насосів полягає у простоті конструкції, керування, експлуатації. Для забезпечення зволоження осушуваних земель на польдерних системах будують насосні станції двосторонньої дії.

Біля кожної осушувальної станції влаштовують скидний шлюз, через який з осушуваної території скидається вода самопливом упродовж часу,

коли рівень води у водоприймачі розміщується нижче горизонту води у магістральному каналі. Через скидні шлюзи можлива і зворотна подача води на зволоження [26].

Перспективними є насосні станції з можливістю роботи в автоматичному режимі, вони включаються в той момент, коли рівень води у басейні знижується до встановленої мінімальної відмітки і, навпаки, включаються при підйомі рівня до максимально допустимого на осушуваному польдері.

**24.5.5. Вибір числа насосних агрегатів та типу будівлі осушувальних насосних станцій.** При виборі числа насосних агрегатів дотримуються таких принципів:

- Повне покриття подачі, яку вимагає графік перекачки.
- Максимальна ефективність роботи насосних агрегатів.
- Мінімальні затрати по насосній станції.

На відміну від зрошувальних насосних станцій необхідно більш детально розробити експлуатаційний план роботи агрегатів.

За даними практики осушувальних систем рекомендується:

- при подачі до  $4 \text{ м}^3/\text{с}$  рекомендується приймати два насосних агрегати з відношенням їх подач 1:2;
- при подачах насосної станції більше  $4 \text{ м}^3/\text{с}$  встановлювати три і більше насосів з рівною подачею.

Останнє дає перевагу в експлуатації станції. За наявності регулюючого резервуару прагнуть до встановлення однакових агрегатів. Режим роботи агрегатів, число включень в годину приймають за даними заводу виробника. При невеликих напорах і великій подачі найкраще застосовувати осьові насоси з поворотними лопатями.

При великих подачах насосної станції, отже, і великих осушувальних площах нерівномірність стоку вирівнюється, чим і пояснюється вибір рівних за подачею агрегатів. Наразі в типових проєктах осушувальних станцій без регулювального басейну приймають такі умови співвідношення числа і подачі агрегатів при різному числі їх:

- при трьох агрегатах в станціях малої і середньої подачі 1:3:3;
- при чотирьох агрегатах в станціях середньої і великої подачі 1:2:2:2.

Два агрегати і співвідношенням їх подачі 1:2 допускається встановлювати тільки в мало відповідальних станціях. За наявності регулювального басейну необхідно прагнути до встановлення однакових агрегатів. Режим роботи агрегатів, число їх включень за годину встановлюється заводом. При невеликих напорах і великих подачах найкраще підходять осьові насоси. При змінних напорах і подачах необхідно приймати осьові поворотнолопатеві насоси. В деяких випадках

допускається змінювати частоту обертання робочих коліс. При цьому допускається ступеневе регулювання. Можна також застосовувати електродвигуни з постійними обертами, де плавність зміни обертів досягається використанням гідравлічних і електромагнітних муфт. Для невеликих насосів іноді застосовують редукторні передачі.

Насосна станція може розташовуватись перед дамбою, в тілі дамби, у водоприймачі (стаціонарна чи плавуча).

В першому випадку вона буде знаходитись в зоні порівняно невеликих коливань рівня води в джерелі – підвідному каналі (в середньому до 2 м). Конструкція і тип будівлі насосних станцій залежить в основному від конструкції насосів. На насосних станціях з незначними напорами (при подачі більше 400 л/с) можна встановлювати осьові насоси, які мають значні переваги перед відцентровими і діагональними. Можливі такі типи насосних станцій:

- «камерний» з «мокрою» камерою і «затопленим» насосом при подачі насоса не більше 1,5 м<sup>3</sup>/с;
- «блочний»;
- «камерний» з «сухою» камерою з горизонтальними осьовими насосами;
- «поверхневий» з горизонтальним насосом. Працюючим з позитивною висотою всмоктування.

Заслужують увагу насосні станції з осьовими насосами з похилою віссю і з капсульними насосами, як найбільш компактні при малих напорах.

Насосні станції з «мокрою» камерою і «затопленим» насосом можна застосовувати тільки в районах з теплим кліматом.

При виборі місця для насосної станції порівнюють два варіанти: насосна станція розташована в тілі дамби і перед дамбою.

При розташуванні станції в тілі дамби немає необхідності влаштовувати довгий напірний трубопровід. Проте в цьому випадку будуть більш важкі умови виробництва робіт, обумовлені низькими горизонтами води в водоприймачі. Необхідні також заходи проти фільтрації і прориву дамби в місці спряження її з насосною станцією, а також в основі станції.

При розташуванні насосної станції перед дамбою прокладають загальний трубопровід для самоплинного скиду і насосів чи окремих, якщо в тілі дамби є шлюз-регулятор. При цьому краще трубопровід розташовувати в спеціальному тунелі, влаштованому в основі дамби, щоб він був доступний для огляду і ремонту.

Конструкція будівлі насосної станції визначається типом встановленого обладнання. Найбільш широко застосовані осьові насоси,

як правило, встановлюються під залив, тому будівлю насосної станції з осьовими насосами виконують камерною.

Серійні вертикальні насоси ОВ-47, встановлюють в сухих камерах (рис. 24.15), які необхідно обладнувати допоміжними системами технічного водопостачання (для подачі чистої води на мащення підшипників), дренажною (для відкачки води із сухої камери).

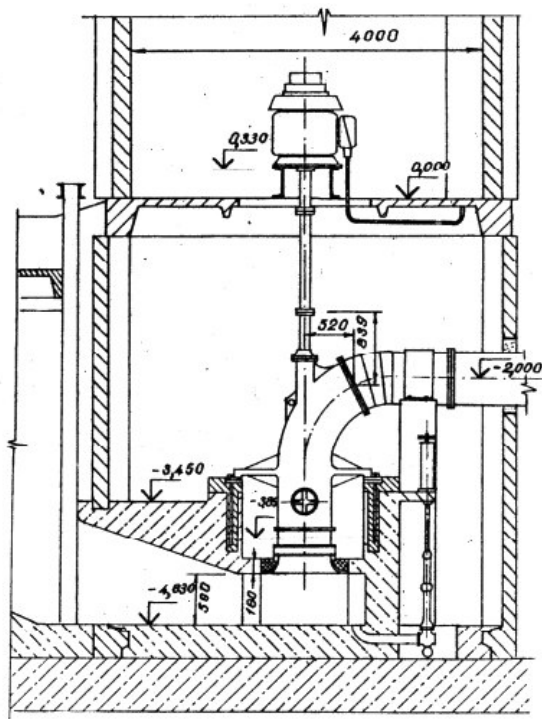


Рис. 24.15. Типовий поперечний розріз будівлі насосної станції з насосом ОВ6-55

Основними недоліками будівлі насосної станції з осьовими вертикальними насосами є:

- складна конструкція підводу до насоса і недоцільність її виконання в збірному варіанті;
- тривалий термін будівництва;
- низька надійність і складність експлуатації;
- значна трудомісткість монтажних і пусконаладжувальних робіт.

Застосування занурених насосів типу ОПВ і ОМПВ дозволяє відмовитись від складної конструкції підводу до насоса і перейти до повнозбірної конструкції будівлі насосної станції з мокрою камерою (рис. 24.16).

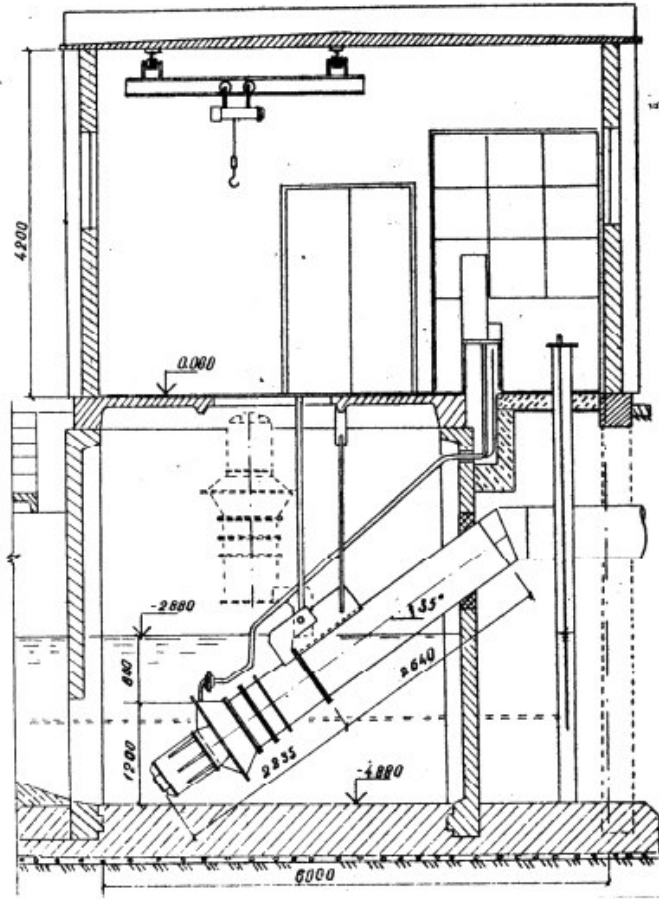


Рис. 24.16. Типовий поперечний розріз будівлі насосної станції із зануреним насосом 1ОПВ 2500-4,2

Занурені насоси можна встановлювати горизонтально, вертикально і похило. Їх застосування спрощує монтажні роботи, оскільки насосний агрегат приєднують до напірного трубопроводу за допомогою фланця на шарнірах [26].

**24.5.6. Збірні резервуари осушувальних насосних станцій.** Збірним резервуаром чи аванкамерою називається розширена частина магістрального каналу перед насосною станцією. Його влаштовують у вигляді особливого басейну, ковша, ставка. Резервуар знаходиться перед насосною станцією всередині обвалованого від водоприймача простору.

Об'єм резервуару залежить від графіка стоку та подачі насосних агрегатів. Самоплинний скид води у водоприймач можливий тільки при низьких горизонтах води в ньому, тому насосна установка буде працювати тільки в період високого стояння рівня води у водоприймачі. В цих

умовах роль резервуара зводиться до збору води до моменту пуску насосної станції. Крім цього, збірний резервуар затримує деяку кількість води під час роботи насосної станції при високих рівнях води у водоприймачі і при високих рівнях стояння води на осушувальній території. Резервуар акумулює різницю об'ємів води між притоком і відкачкою, поки у водоприймачі не встановиться рівень, при якому можливий самоплинний скид.

Якщо на насосній станції встановлений один насос, який працює при максимальній подачі, то при малому притоку до насосної станції насос без резервуару працює з перервами, що економічно при автоматизації пуску і зупинки насоса. В цьому випадку резервуар повинен мати такий об'єм, при якому була б забезпечена багатогодинна робота насоса: часті зупинки і запуски насоса шкідливо впливають на двигун і автоматичну пускову апаратуру насосної станції.

Резервуар також виконує функцію відстійника. Щоб корисний об'єм резервуара не зменшувався за рахунок відкладення наносів, відмітку його дна призначають на 0,5–1 м нижче відмітки, отриманої розрахунком для нижньої ділянки каналу. Часто за необхідності мати великі об'єми для резервуара його роль виконують канали осушувальної системи. Якщо в цьому випадку на станції встановлені агрегати із співвідношенням їх подач 1:3 чи 1:2, то при малому притоку звичайно пускають в хід тільки один малий насос. Можливі об'єми акумульованої води визначаються вільною частиною живого перерізу каналів, що називається запасною ємністю каналів. Вона повинна відповідати необхідному за розрахунком об'єму збірного резервуару при прийнятій подачі насосної станції.

Проте запасна ємність каналів може втратити своє значення внаслідок замулення чи заростання каналів травою. Тому при проектуванні осушувальної системи необхідно враховувати можливість такого зменшення живого перерізу. Влаштування збірного резервуару обходиться дорого за рахунок збільшення об'єму земляних робіт.

**24.5.7. Використання водних ресурсів осушувальних земель Українського Полісся.** Раціональне природокористування перезволожених земель дозволяє використовувати значні водноенергетичні ресурси. За останнє століття було проведено величезний об'єм осушувальних робіт для отримання придатних сільськогосподарських земель, що дозволяє отримати та акумулювати величезні запаси водних ресурсів в областях України.

В Рівненській області меліоровано і знаходиться в зоні обслуговування управлінь водного господарства – 390,4 тис. га бруто, 374,4 тис. га нетто осушених земель. Із загальної площі осушено гончарним дренажем – 274,9 тис. га. На осушувальних системах функціонує 84 насосних станцій. Загальна площа польдерних систем

складає 59,59 тис. га, у тому числі 46,96 тис. га з механічним водовідведенням і 12,63 тис. га із скидом води самопливом [27].

На території Волинської області 416,6 тис. га осушених земель, серед них 236,6 тис. га з гончарним дренажем. Осушувальні системи складаються з 6 460 шлюзів-регуляторів та 84 насосних станцій. Поза меліоративною системою знаходиться 34,2 тис. га заболочених земель. В області побудовано 19 водосховищ загальною площею 2 176,5 га, об'ємом 28,1 млн куб. м. Широке застосування мають польдерні системи, які одночасно з осушенням дають можливість захистити від затоплення повеневидами великі площі угідь, населені пункти, зберегти у природному стані водоприймачі [28].

Житомирська область розташована в основному в Поліській зоні, що складає 81% її території. Питома вага перезволожених земель в північних районах досягає 48%. В області нараховується 425 тис. га меліорованих земель, з них гончарним дренажем – 296,9 тис. га, у тому числі 188,1 тис. га з двобічним регулюванням. Кількість осушувальних систем становить – 380 [29].

На території Київської області знаходиться 232,7 тис. га меліорованих земель, із них осушених – 188,8 тис. га та зрошених – 43,9 тис. га. 27,4 тис. га – осушені землі, які були радіаційно забруднені внаслідок катастрофи на ЧАЕС і залишились в зоні відчуження. Протяжність відкритої осушувальної мережі по області становить 6443,9 км; кількість польдерних насосних станцій становить 8 одиниць [30].

Всього в Сумській області осушення проведене на площі 106,6 тис. га. Двобічне регулювання водного режиму передбачено на площі 72,9 тис. га, із них на площі 65,3 тис. га забезпечено гарантованою водоподачею за рахунок водосховищ і живого току річок. Для своєчасного пропуску весняної повені і підтримання оптимальних рівнів води в вегетаційний період на осушених площах побудовано 3350,7 км відкритих осушувальних каналів, 3072 гідротехнічних споруд [31].

Таким чином використання водних ресурсів Українського Полісся має великий потенціал.

1. Використання гідроенергетичного потенціалу малих річок Українського Полісся передбачає: реконструкцію існуючих і модернізацію діючих малих ГЕС; створення нових МГЕС в регіонах децентралізованого енергопостачання; створення малих гідроелектростанцій в районах централізованого енергопостачання при існуючих перепадах (напорах) водосховищ та водотоків; зведення нових гідровузлів з малими ГЕС із концентрацією напору.

2. Експлуатація об'єктів малої гідроенергетики сприятиме зменшенню техногенного навантаження на оточуюче середовище,



зменшенню паливної складової в енергосистемі та залученню додаткового фінансування до місцевих бюджетів громад.

3. Використання малих ГЕС дає можливість виробляти близько 250 млн кВт·год електроенергії за рік. Це еквівалентно економії близько 75 000 тонн органічного палива на рік.

4. Використання малих ГЕС для енергопостачання локальних споживачів дозволяє зменшити довжину ліній електропередач високої напруги, що дає можливість економити кольорові метали та зменшує електромагнітне навантаження на довкілля.

5. Спорудження малих ГЕС сприяє децентралізації об'єднаної енергосистеми – цим знімається ряд проблем в електропостачанні важкодоступних районів енергоспоживання. Місцеві територіальні громади отримують доходи від податків та нові робочі місця.

6. Враховуючи сучасний стан, обґрунтування економічної ефективності об'єктів малої гідроенергетики об'єктивно стає актуальною задачею, що вимагає врахування різноманітних факторів (економічних, соціальних, екологічних тощо). У поєднанні із паливною та енергозберігаючою політикою держави, ці фактори роблять малі ГЕС ефективними та доцільними об'єктами.

7. Раціональне осушення земель Українського Полісся дозволяє використовувати значну кількість водноенергетичних ресурсів.

### *Література до розділу*

1. Industrial Development Organization; International Center on Small Hydro Power. 2019. 96 с. URL: <https://www.unido.org/our-focus-safeguarding-environment-clean-energy-access-productive-use-renewable-energy-focus-areas-small-hydro-power/world-small-hydropower-development-report> (дата звернення: 10.12.2023).

2. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 82 с.

3. Відновлювані джерела енергії / за заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.

4. Halych O., Bilkova E., Nowak P., Riabenko O. Analysis of Hydropotential and Prospects for Small Hydropower Development in Ukraine. *Environmental and Climate Technologies*. 2023. Vol. 27, no. 1. P. 763–774. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2023-0056>

5. Вовчак В., Тесленко О., Самченко О. Мала гідроенергетика України. Аналітичний огляд. Т. І. Київ, 2018. 181 с.

6. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» :

розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. Київ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text> (дата звернення: 10.12.2023).

7. Філіпович Ю. Ю. Енергоресурси та гідрологічні основи гідроенергетики. Практикум : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 196 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/3708/> (дата звернення: 10.12.2023).

8. Об'єкти ВДЕ. URL: <https://www.energo.ua/ua/> (дата звернення: 10.12.2023).

9. Енергоефективність та напрями самоенергозабезпечення регіонів на прикладі Житомирської області / за ред. М. П. Ковалка. Київ : Видавництво «Українські енциклопедичні знання», 2000. 118 с.

10. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/KR140902?an=11> (дата звернення: 10.12.2023).

11. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13#Text> (дата звернення: 10.12.2023).

12. Касіч Ю. Енергетична децентралізація – розосереджена генерація. Energy club / blog. URL: <https://iclub.energy/blog/yurij-kasich/tpost/fyz5ufdeg1-energetichna-detsentralzatsya-rozoseredz> (дата звернення: 01.03.2023).

13. Мала гідроенергетика України. Аналітичний огляд. Том I / Інститут проблем екології та енергозбереження. Київ, 2018.

14. Мала гідроенергетика України. Аналітичний огляд. Том II / Інститут проблем екології та енергозбереження. Київ, 2018.

15. Стан і перспективи розвитку малої гідроенергетики, сонячної, вітрової та інших джерел поновлюваної енергії зарубіжних країн та України / Міненерговугілля України, ДП «НЕК «Укренерго» Відокремлений підрозділ «Науково-проектний центр розвитку об'єднаної енергетичної системи України» Державного підприємства «Національна енергетична компанія «Укренерго» (НПЦР ОЕС України). Київ, 08/2016. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/4.-Stan-i-perspektivy-rozvytku-PDE.pdf> (дата звернення: 10.12.2023).

16. Шевченко В.В., Петренко М.Я., Шевченко О.С. «Зелений тариф» в електроенергетиці України. Соціальна справедливість, економіка та міжнародне право. *Новітні технології в освіті, науці та виробництві* : зб. матеріалів II МНТК. Покровськ : ДВНЗ «ДонНТУ», 2020. С. 71–74. URL: <https://zenodo.org/record/3950361#.YMSAvn7SLI> (дата звернення: 10.12.2023).

17. ANDRITZ. URL: <https://www.andritz.com/hydro-en/hydronews/hn31/fish-friendly-designs> (дата звернення: 10.12.2023).

18. Mavel. URL: <https://www.mavel.cz> (дата звернення: 10.12.2023).

19. Wtw. URL: <https://www.wtw-poland.com/pl/> (дата звернення: 10.12.2023).
20. Gess. URL: <https://www.gess.cz> (дата звернення: 10.12.2023).
21. Рябенко О. А., Сунічук С. В. Гідроенергетичний потенціал Полісся та його використання. *Меліорація та облаштування Українського Полісся* : колективна монографія / за ред. д.с.-г.н., професора, акад. НААН Я. М. Гадзала, д.т.н., професора, член.-кор. НААН В. А. Сташука, д.т.н., професора А. М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. Т. 2. С. 61, С. 677–693.
22. Турбіна зі спіралеподібними лопатями: пат. № 150304 на корисну модель / Герба О. В.; опубл. 26.01.2022.
23. Мисик Г. А., Куліковський Б. Б. Основи меліорації та ландшафтознавства. К. : ІНКОС, 2005. 464 с.
24. Міхелі С. В. Основи ландшафтознавства. Київ – Кам'янець-Подільський : Абетка Нова, 2002. 184 с.
25. Петрик А. Д., Подласов А. В., Евреенко Ю. П. Насосы и мелиоративные насосные станции. Львов : Вища школа, 1987. 168 с.
26. Євреєнко Ю. П., Герасимов Г. Г. Насосні станції: інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне : НУВГП, 2008. 125 с.
27. Регіональний офіс водних ресурсів у Рівненській області. URL: <http://rivnevodres.gov.ua/blog/ekspluatatsiina-diialnist> (дата звернення: 10.12.2023).
28. Зузук Ф. В., Колошко Л. К., Карпюк З. К.осушені землі Волинської області та їх охорона : монографія. Луцьк : Волинський національний університет ім. Лесі Українки, 2012. 294 с.
29. Водогосподарський комплекс Житомирської області. URL: <https://buvrzt.gov.ua/istoria.html>. (дата звернення: 10.12.2023).
30. Басейнове управління водних ресурсів середнього Дніпра. URL: <https://buvrd.gov.ua/melioracziya-zemel/>. (дата звернення: 10.12.2023).
31. Державне агентство водних ресурсів України. Регіональний офіс водних ресурсів у Сумській області. URL: <https://sumyvodres.davr.gov.ua/osushuvalni-sistemi/> (дата звернення: 10.12.2023).

## 25. ВРАХУВАННЯ МІНЛИВОСТІ ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ В ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЄКТАХ У СФЕРІ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Сучасний стан розвитку України характеризується значними диспропорціями в розвитку різних галузей економіки. Це зумовлено, в основному, обмеженістю фінансових ресурсів, різною їх інвестиційною привабливістю та наявністю негативних тенденцій функціонування секторів, які активно використовують природні ресурси. На сучасному етапі ситуація загострюється у зв'язку з наявними викликами сучасності – енергетична, продовольча та водна кризи, кардинальні зміни клімату на Землі як у планетарному, так і регіональних рівнях [1–5].

Такі зміни зумовлюють до підвищеної уваги та реалізації інвестицій в галузях з найбільшою чутливістю та найменшою здатністю до адаптації. Адже велика кількість екосистем чутливі до методів ведення господарства і попиту на ресурси. Тому необхідний ефективний механізм та інструментарій планування господарської діяльності в таких екосистемах для скорочення втрат, які обумовлені негативними змінами клімату.

Саме тому особлива увага повинна приділятися розвитку та функціонуванню природогосподарських галузей, де економічне зростання обмежується вимогами до раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього природного середовища. До таких галузей відноситься і меліорація земель [6; 7].

Сучасний стан функціонування галузі характеризується зниженням ефективності використання меліорованих земель та їхньої ролі в сільськогосподарському виробництві. Все це є наслідком глибокої економічної кризи, яка охопила всі галузі народного господарства на сучасному етапі його розвитку. Сьогодні економічні та екологічні проблеми гідромеліорацій набувають виключної актуальності.

В останнє десятиріччя тенденції розвитку галузі характеризуються комплексом невирішених завдань, які пов'язані з недостатністю фінансування, що зумовлене відсутністю зацікавленості як з боку держави, так і з боку потенційних приватних інвесторів.

Вирішення даних проблем у галузі водного господарства і меліорації можливе тільки у разі: перебудови системи економічних відносин; впровадження ефективних ринкових методів управління та господарювання; зміни загальної методології та методики економічних розрахунків.

Трансформації економічних відносин в Україні, поява нових джерел фінансування інвестиційних проєктів та необхідність екологізації сучасного виробництва вимагають перегляду й удосконалення

традиційних підходів. Особливо при виборі екологічно й економічно оптимальних проектних рішень у галузях природокористування взагалі та водогосподарсько-меліоративної як їх складової зокрема [8–12].

Але це ускладнюється особливостями функціонування водогосподарсько-меліоративних проектів, як *складних природно-техногенних еколого-економічних об'єктів* природокористування, у відповідних складних і мінливих умовах навколишнього природного середовища. Це обов'язково необхідно враховувати при виборі найкращого варіанту з них для реалізації [13; 14].

Найважливіша особливість та відмінність сільськогосподарського виробництва, в тому числі на меліорованих землях, полягає в тому, що воно здійснюється під впливом природних факторів. Загальна картина сільськогосподарського виробництва в різних кліматичних зонах визначається наявними агрокліматичними умовами [14–16]. Тому результати сільськогосподарської діяльності на меліорованих землях і, відповідно, ефективність інвестицій в меліорацію залежать не тільки від забезпеченості матеріальними ресурсами і ступеню їхнього використання, але й від наявності чи відсутності необхідних природно-кліматичних ресурсів.

Перехід від усталеної практики розгляду меліоративних об'єктів не суто як технічних, а як складних природно-технічних систем з відповідною зміною усієї методології, технічної та технологічної стратегії їхнього створення й функціонування, потребує безпосереднього врахування мінливих у часі та невизначених за своїм характером природно-кліматичних умов. Адже саме вони, разом з меліоративними чинниками, справляють визначальний вплив на загальний природно-меліоративний режим меліорованих земель та відповідний еколого-економічний ефект.

Отже, в зв'язку з цим, питання врахування впливу метеорологічних та кліматичних факторів у техніко-економічних розрахунках набувають надзвичайної актуальності. Адже впровадження науково обґрунтованих та ефективних методів використання метеоролого-кліматичної інформації в економічних розрахунках дозволить значно знизити збитки, які викликані погодними умовами. Крім того, це дозволить отримати більший ефект через реалізацію оптимальної стратегії організації сільськогосподарського виробництва на меліорованих землях.

Обґрунтування оптимальних технічних і технологічних рішень з водорегулювання осушуваних та зрошуваних земель на еколого-економічних засадах у проектах меліоративних систем розроблено, враховуючи сучасні теоретичні положення та практичні підходи. Вибір їх прийняття на різних часових рівнях має ґрунтуватися на використанні відповідної метеорологічної інформації з метою вибору кліматологічно

оптимальних стратегій управління такими системами в багаторічному та внутрішньовегетаційному перерізі [13–16].

Втрати за рахунок мінливості погодних умов та стихійних явищ мають особливий характер, оскільки джерело цих втрат постійне тому що атмосферні процеси безперервні у своєму розвитку [16; 17].

При цьому, якщо на сучасному етапі розвитку людства є можливість виключити деякі причини виробничих втрат, то зупинити чи змінити хід атмосферних процесів (особливо макромасштабних) поки що неможливо. Необхідно враховувати ці процеси, передбачати їхній несприятливий вплив, приймати міри захисту й, тим самим, частково або повністю зберігати матеріальні цінності та успішно виконувати виробничі завдання.

Разом з тим, необхідно відмітити, що методична база для розрахунків економічного та екологічного ефекту з урахуванням мінливого характеру природно-кліматичних умов в різних галузях суспільного виробництва ще дуже слабка. Але результатами досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених за останні десятиліття минулого століття були створені теоретичні основи для визначення економічного ефекту, що отримує користувач при різних стратегіях використання прогностичної та режимної кліматичної інформації.

Що стосується водогосподарсько-меліоративних заходів як складової сільськогосподарського виробництва, то *технологічний* аспект представляє собою необхідність обґрунтування та оцінки різних технологій водорегулювання на меліорованих землях, відповідних типів і конструкцій меліоративних систем та їхньої реалізації в подальшому у змінних природно-агромеліоративних умовах.

*Екологічний* ефект визначають прогнозовані та практичні наслідки від реалізації гідромеліорацій, а *економічний* ефект – відповідні об’єми отримуваної сільськогосподарської продукції та доцільність інвестицій в меліорацію земель.

Як показують практика і набутий досвід, точність та об’єктивність відповідних розрахунків безпосередньо залежать від точності відповідного прогнозу кліматичних або метеорологічних умов, який використовується на відповідному рівні прийняття рішення в часі.

По суті, такі розрахунки ґрунтуються на економіко-статистичному моделюванні різних варіантів урахування стандартної гідрометеорологічної інформації при здійсненні проектних, управлінських та господарських рішень [18; 19].

Для побудови таких моделей необхідно знати:

– закони розподілу фактичного і передбачуваного значення прогнозованого елемента (для альтернативних прогнозів – матрицю спряженості різних прогнозів зі станами погоди, що фактично відбулися);

– вид та параметри функції збитків (або доходів) користувача, що характеризують втрати (або надходження) за різних величин та знаку похибки прогнозу (для альтернативних прогнозів – так звану платіжну матрицю).

Але до теперішнього часу такі функції збитків (доходів) і платіжні матриці абсолютної більшості користувачів різних галузей народного господарства (в тому числі сільського і водного господарств), ще не визначені.

Як показує аналіз, економічний результат аграрного виробництва на меліорованих землях ( $E_i$ ), поточні сільськогосподарські ( $C_{cc}$ ) і меліоративні витрати ( $C_m$ ), витрати на воду ( $C_e$ ), а також можливі збитки ( $R$ ) є змінними і залежать від багатьох факторів, головними з яких є природно-кліматичні умови функціонування об'єкта.

Загальні підходи до побудови та реалізації моделей оптимізації господарських рішень на різних рівнях з використанням даних про клімат і метеорологічні прогнози при створенні й функціонуванні складних метеоролого-економічних систем викладені в роботі Є.Є. Жуковського [15]. Є.Є. Жуковський ввів поняття «метеоролого-економічної системи» та «кліматологічної стратегії» за умови, що при її використанні вибір конкретного господарського рішення, яке приймається з урахуванням даних про кліматичні умови функціонування об'єкта, здійснюється одноразово. При цьому така кліматологічна стратегія буде «кліматологічно оптимальною», якщо господарське рішення, визначене за нею, забезпечить досягнення екстремуму обраного критерію якості.

У зв'язку з природною сезонною циклічністю сільськогосподарського виробництва на меліорованих землях розрізняють різні за умовами тепло- й вологозабезпеченості періоди вегетації, які групують в розрахункові (типіві) групи років.

Розподіл даних груп років в межах життєвого циклу проекту нерівномірний і може бути здійснений за допомогою відповідного коефіцієнта у вигляді дольової частки (імовірності виявлення) відповідної групи років у загальному терміні реалізації проекту.

Крім того, на розмір очікуваного врожаю та на розмір річних поточних витрат впливає тип та конструкція меліоративної системи, яка визначає технологію управління водним режимом (водорегулюванням) на меліорованих землях.

Саме тому ефект від сільськогосподарського виробництва на меліорованих землях та поточні витрати протягом всього життєвого циклу меліоративного об'єкта будуть залежати від трьох основних факторів:

1. Погодних (метеорологічних) умов у відповідних розрахункових роках сукупності  $P = \{p\}, p=1, m$ .

2. Дольової частки або частоти (імовірності) виявлення відповідної групи років у загальному терміні життєвого циклу проєкту –  $\{\alpha_p\}, p=1, m$ .
3. Типу та конструкції меліоративної системи (спосіб, схема водорегулювання) сукупності  $S=\{s\}, s=1, n$ .

Позначивши змінний економічний параметр як  $Y_{ps}$ , можна побудувати в загальному вигляді наступну функцію корисності

$$Y_{ps} = Y(p, s, \alpha_p), p=1, m; s=1, n. \quad (25.1)$$

Для більшої наочності дану функцію можна записати у вигляді платіжної матриці (табл. 25.1).

Таблиця 25.1

Загальний вигляд платіжної матриці

$\{p\}, p=1, m$	$\alpha_p$	$\{s\}, s=1, n$			
		$s_1$	$s_2$	–	$s_n$
$p_1$	$\alpha_{p_1}$	$Y_{11}$	$Y_{12}$	–	$Y_{1n}$
$p_2$	$\alpha_{p_2}$	$Y_{21}$	$Y_{22}$	–	$Y_{2n}$
–	–	–	–	–	–
$p_m$	$\alpha_{p_m}$	$Y_{m1}$	$Y_{m2}$	–	$Y_{mn}$

У зв'язку з нерівномірністю розподілу різних, за погодними умовами, груп років впродовж життєвого циклу проєкту в якості середньорічного змінного економічного параметру за окремим проєктом слід використовувати не середнє арифметичне, а його середньозважене значення за групами років. Відповідно до [6; 19] середньозважене значення за групами років визначається за формулою математичного сподівання, оскільки це найважливіша характеристика випадкової величини, яка що служить центром розподілу її імовірностей. Зміст її полягає в тому, що вона показує найбільш правдоподібне значення оцінюваного чи прогнозованого фактору.

Отже, дотримуючись *байєсівського підходу* [16–19], можна стверджувати, що середні (в статистичному розумінні) значення змінних економічних параметрів для кожного альтернативного варіанту меліоративного проєкту, з урахуванням кліматологічної стратегії управління об'єктом протягом його життєвого циклу, в загальному вигляді будуть визначатись за формулою

$$Y_i = \sum_{j=1}^m Y_{ij} \cdot \alpha_{pj}, i=1, n. \quad (25.2)$$



Очевидно, дуже важливим для майбутнього отриманого результату є визначення значень коефіцієнтів дольової частки  $\alpha_{pj}$  відповідної розрахункової групи років в межах життєвого циклу проекту (значень імовірності, що відповідає даній величині економічного параметру за розрахунковою групою років).

Складність визначення показника  $\alpha_p$  зумовлена необхідністю оцінки загальної тепло- й вологозабезпеченості розрахункового року за усією сукупністю основних визначальних метеорологічних факторів. Ці фактори формують його гідрометеорологічні умови в цілому (опади, температура, дефіцит та відносна вологість повітря тощо). Тому така оцінка найбільш точно може бути здійснена для будь-якого реального об'єкта, за умови статистичного опрацювання багаторічних років спостережень за усім комплексом відповідних метеорологічних характеристик.

За наявності багаторічних (50–70 років) ретроспективних спостережень по метеостанціях і постах, які розташовані поряд (до 50 км) з досліджуваним об'єктом, відповідна модель метеорологічного забезпечення прогнозно-оптимізаційних розрахунків на довготерміновій основі [6; 16] ґрунтується на дослідженні мінливості метеофакторів у часі за допомогою:

- багатомірного статистичного аналізу з використанням ПЕОМ;
- схематизації метеорологічних режимів за комплексною сумісною оцінкою метеофакторів і побудованих на їхній основі комплексів;
- визначенні та формалізації закономірностей формування їх у багаторічному та внутрішньовегетаційному перерізі.

Така модель дає можливість, на відміну від наявних, отримати типовий розподіл основних метеофакторів (сум опадів; середніх значень температури, дефіциту та відносної вологості повітря) сукупності  $\{f\}$ ,  $f = \overline{1, n_f}$  для прийнятого за основу декадного перерізу в характерні (розрахункові) щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періоди вегетації сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  ( $n_p = 5$ ):

дуже вологі,  $p=1$ ;

вологі,  $p=2$ ;

середні,  $p=3$ ;

сухі,  $p=4$ ;

дуже сухі,  $p=5$ .

Така кількість типових схем метеорологічних режимів є достатньою для інженерної та економічної практики виконання прогнозно-оптимізаційних розрахунків на довготерміновій основі. Тут же

визначаються реальні значення часток  $\alpha_p$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  для реалізації кліматологічно оптимальної стратегії управління об'єктом на стадії його проектування.

В структурі реалізації загальної моделі, після поділу статистичної послідовності на типові групи визначаються частки різних щодо вологозабезпеченості періодів вегетації  $\{\alpha_p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  в межах опрацьованого періоду  $\{j\}$ ,  $j = \overline{1, n_j}$

$$\alpha_p = n_{jp} / n_j, \quad p = \overline{1, n_p}, \quad (25.3)$$

де  $n_{jp}$  – кількість членів ряду років спостережень сукупності  $\{j\}$ ,  $j = \overline{1, n_j}$ , що увійшли до  $p$ -ї за зволоженістю групи років сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  опрацьовуваної статистичної послідовності сукупності  $n_j$ .

У протилежному випадку, орієнтовні значення показника  $\alpha_p$  за відсутності даних багаторічних спостережень можуть бути прийняті за гідрологічними спрощеними розрахунками або за відповідними рекомендаціями.

Знаючи емпіричну забезпеченість будь-якої гідрологічної чи метеорологічної характеристики, можна розрахувати імовірну повторюваність її в роках. Під повторюваністю гідрологічної величини розуміють число років  $N$ , протягом яких дана величина зустрічається (перевищує) в середньому один раз.

Забезпеченість  $p$  (%) та повторюваність  $N$  зв'язані між собою таким чином:

$$N = \frac{100}{p} \quad \text{при} \quad p < 50\%; \quad (25.4)$$

$$N = \frac{100}{100 - p} \quad \text{при} \quad p > 50\%. \quad (25.5)$$

Але визначені на основі залежностей (25.4) та (25.5) значення  $\alpha_p$ , по-перше – будуть приймати однакові значення для різних об'єктів незалежно від зони їхнього розташування; по-друге – вони не враховуватимуть комплексну дію метеофакторів на умови формування метеорологічних режимів у розрахункові роки.

Тому на підставі узагальнення результатів власних досліджень, даних інших авторів та довідкових даних [13; 19–21 та ін.], визначені нормовані значення показника  $\alpha_p$  по природних зонах для осушуваних

земель, які враховують зональний характер зміни природно-кліматичних умов, наведені в табл. 25.2.

Таблиця 25.2

Рекомендовані нормовані значення  $\alpha_p$  щодо розрахункових періодів вегетації по природних зонах України для осушуваних земель

Природна зона	Забезпеченість $p$ , %				
	10%	30%	50%	70%	90%
Лісостеп	0,10	0,20	0,20	0,30	0,20
Полісся	0,15	0,20	0,25	0,25	0,15
Прикарпаття	0,15	0,25	0,30	0,20	0,10
Закарпаття	0,10	0,20	0,30	0,25	0,15

Ці значення цілком придатні для наближених розрахунків при обґрунтуванні проєктних технічних і технологічних рішень з водорегулювання осушуваних земель на довготерміновій основі за моделями оптимізації з урахуванням кліматологічної стратегії управління об'єктом та оцінці загальної економічної ефективності від реалізації гідромеліорацій.

За таким підходом були побудовані та реалізовані прогнозно-оптимізаційні моделі щодо вибору технічно, економічно та екологічно оптимальних варіантів проєктних рішень при реконструкції діючих гідромеліоративних систем у різних природно-кліматичних зонах України: оптимізація параметрів сільськогосподарського дренажу; технологій водорегулювання і конструкції гідромеліоративної системи на осушуваних землях; режимно-технологічних та конструктивних рішень при функціонуванні рисових зрошувальних систем тощо [10–13 та ін.].

В табл. 3, як приклад наведено економічний результат аграрного виробництва на меліорованих землях при вирощуванні картоплі, як однієї з найрентабельніших культур проєктної сівозміни на осушуваних мінеральних ґрунтах у зоні Лісостепу України.

Дана оцінка виконана на основі машинного експерименту на ЕОМ з використанням відповідного комплексу прогнозно-імітаційних моделей [16] щодо різних технологій водорегулювання (1 – осушення; 2 – попереджувальне шлюзування як періодичне зволоження шляхом часткової акумуляції дренажного стоку та підпору рівня ґрунтових вод (РГВ) у весняний період; 3 – зволожувальне шлюзування як регулярне зволоження впродовж періоду вегетації шляхом подачі води, підйому та підпору РГВ на системі; 4 – зрошення дощуванням осушуваних земель) та розрахункових щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періодів

вегетатії ( $p=10\%$  – дуже вологі,  $p=30\%$  – вологий;  $p=50\%$  – середні,  $p=70\%$  – сухі,  $p=90\%$  – дуже сухі).

Наведені в табл. 25.3 результати переконливо засвідчують про необхідність та доцільність врахування впливу змінних погоднокліматичних умов при економічному аналізі аграрного виробництва на меліорованих землях у проектах будівництва, реконструкції та експлуатації водогосподарсько-меліоративних об'єктів.

Таблиця 25.3

Показники врожайності та основні техніко-економічні показники вирощування картоплі у змінних природних, агротехнічних та меліоративних умовах в зоні Лісостепу України

Розрахункова тепло- й вологозабезпеченість періодів вегетації, $p$ , %	Врожайність, т/га	Сільсько-господарські витрати, $C^{cc}$ , USD/га	Експлуатаційні витрати, $C^m$ , USD /га	Сумарні поточні витрати, $C$ , USD /га	Валова продукція, $V$ , USD /га	Чистий дохід, $ЧД$ , USD /га
<b>Осушення</b>						
10	28,16	497,96	56,48	554,46	750,14	195,68
30	32,61	538,52	48,54	587,05	948,20	361,15
50	29,77	530,30	47,92	578,22	911,80	333,58
70	28,58	507,62	47,92	555,55	797,90	242,36
90	23,86	468,97	47,92	516,89	610,16	93,27
Середньозважене	28,64	<b>509,64</b>	<b>48,89</b>	<b>558,54</b>	<b>808,42</b>	<b>249,88</b>
<b>Попереджувальне шлюзування</b>						
10	28,16	520,00	89,49	609,49	750,14	140,65
30	33,33	563,82	71,51	635,35	964,22	328,87
50	31,03	564,20	70,14	634,34	970,42	336,08
70	30,89	551,78	73,47	625,25	906,12	280,87
90	31,04	551,41	84,28	635,68	905,72	270,04
Середньозважене	31,16	<b>553,43</b>	<b>76,18</b>	<b>629,60</b>	<b>914,91</b>	<b>285,31</b>
<b>Зволожувальне шлюзування</b>						
10	28,16	531,37	138,64	670,00	750,14	80,14
30	33,33	575,19	117,47	692,65	964,22	271,56
50	32,03	581,68	115,84	697,53	1000,18	302,65
70	31,78	573,84	119,76	693,60	959,72	266,12
90	34,41	585,33	132,52	717,84	1013,37	295,53
Середньозважене	32,30	<b>573,72</b>	<b>122,95</b>	<b>696,67</b>	<b>958,48</b>	<b>261,80</b>
<b>Зрошення дощуванням на фоні осушення</b>						
10	28,16	576,32	323,92	900,24	750,14	-150,10
30	33,33	620,14	258,48	878,61	964,22	85,60
50	36,94	650,83	253,47	904,30	1115,35	211,05
70	37,77	661,11	265,58	926,69	1167,19	240,50
90	42,18	697,17	304,97	1002,14	1343,60	341,47
Середньозважене	36,64	<b>649,58</b>	<b>275,45</b>	<b>925,05</b>	<b>1109,80</b>	<b>184,75</b>

Таким чином, врахування мінливості природно-кліматичних умов на довготерміновій основі в еколого-економічних розрахунках дасть змогу врахувати їх при економічному аналізі аграрного виробництва на меліорованих землях. Крім того, це дозволить побудувати й успішно реалізувати прогнозно-оптимізаційні моделі для обґрунтування як оптимальних технічних і технологічних рішень з водорегулювання, так і розробки інвестиційних проєктів будівництва і реконструкції водогосподарсько-меліоративних систем. Це підвищить обґрунтованість та достовірність здійснених розрахунків, а також відповідність їх реальним умовам функціонування природогосподарських об'єктів, що призведе до зростання зацікавленості як державних, так і приватних інвестицій.

Тільки за таких умов можливий стабільний розвиток галузей сфери природокористування та їх адаптація до глобальних змін клімату, попередження та скорочення збитків від неконтрольованих факторів зовнішнього середовища, а також одержання додаткових вигод від раціонального ведення господарської діяльності в нових екологічних умовах.

### *Література до розділу*

1. Ерік Е. Массей. Досвід європейського союзу в адаптації до зміни клімату та застосування його в Україні. Бюро Координатора з економічної та довкільної діяльності ОБСЄ, 2012. С. 40.
2. Z. Dong, Z. Pan, S. Wang. Effective crop structure adjustment under climate change. *Ecological Indicators*. October 2016. Vol. 69. P. 571–577.
3. Abdelaziz A. Gohar and Adrian Cashman. methodology to assess the impact of climate variability and change on water resources, food security and economic welfare. *Agricultural Systems*. September 2016. Vol. 147. P. 51–64.
4. Mostafa Rezaei, ZamanSaeed, Morid Majid Delavar. Evaluating climate adaptation strategies on agricultural production in the Siminehrud catchment and inflow into Lake Urmia, Iran using SWAT within an OECD framework. *Agricultural System*. September 2016. Vol. 147. P. 98–110. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.06.001>
5. E. Blanc and W. Schlenker. The use of panel models in assessments of climate impacts on agriculture. *Review of Environmental Economics and Policy*. 2017. Vol. 11, no. 2. P. 258–279.
6. Evaluation of climate change in Ukrainian part of Polissia region and ways of adaptation to it / Kovalenko P., Rokochynskiy A., Jeznach J., Koptiuk R.,

Volk P., Prykhodko N., Tykhenko R. Journal of Water and Land Development. 2019. Vol. 41. Issue 1. P. 72–82. DOI: 10.2478/jwld-2019-0030

7. Evaluation of Climate Change in the Rice-Growing Zone of Ukraine and Ways of Adaptation to the Predicted Changes / Anatoliy Rokochynskiy, Vasyl Turcheniuk, Nataliia Prykhodko, Pavlo Volk, Ievgenii Gerasimov & Cengiz Koç. *Agric. Res.* 2020. <https://doi.org/10.1007/s40003-020-00473-4>

8. Daniel Armeanu, Leonard Lache. The NPV Criterion for valuing investments under uncertainty. Economic computation and economic cybernetics studies and research. *Academy of Economic Studies*. January 2009. Vol. 4(4).

9. Sherif Mohamed, Alison K. McCowan. Modelling project investment decisions under uncertainty using possibility theory. *International Journal of Project Management*. May 2001. Vol. 19, Issue 4. P. 231–241.

10. The Capital Budgeting Decision: Economic Analysis of Investment Projects / by Harold Bierman Jr., Seymour Smidt. Published by Routledge, 2006. 424 p.

11. Maciej Nowak. Investment projects evaluation by simulation and multiple criteria decision aiding procedure. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2005. Vol. 11, Issue 3. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13923730.2005.9636350> (дата звернення: 10.12.2023).

12. Susan F. Haka. A Review of the Literature on Capital Budgeting and Investment Appraisal: Past, Present, and Future Musings. *Handbook of Management Accounting Research*. 2006. Vol. 2. P. 697–728.

13. Reclamation projects development improvement technology considering optimization of drained lands water regulation based on BIM / Rokochinskiy A., Jeznach J., Volk P., Turcheniuk V., Frolenkova N. & Koptiuk R. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences*. 2019. Vol. 28. Issue 3(85). P. 432–443. doi: 10.22630/PNIKS.2019.28.3.40 URL: [http://iks\\_pn.sggw.pl/PN85/A11/zeszyt85art11en.html](http://iks_pn.sggw.pl/PN85/A11/zeszyt85art11en.html) (дата звернення: 10.12.2023).

14. Рокочинський А. М. Системна оптимізація водорегулювання як необхідна умова створення та функціонування водогосподарсько-меліоративних об'єктів на еколого-економічних засадах. *Водне господарство України*. 2016. № 104. С. 67–71.

15. Жуковський Е. Е. Метеорологическая информация и экономические решения. Л. : Гидрометеиздат, 1981. 304 с.

16. Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : монографія. Рівне : НУВГП, 2010. 351 с.

17. Рокочинський А. М., Фроленкова Н. А., Коптюк Р. М. Інвестиційна оцінка проектів оптимізації водорегулювання осушуваних земель з урахуванням основних чинників впливу. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 83. С. 216–220.

18. Фроленкова Н. А., Кожушко Л. Ф., Рокочинський А. М. Еколого-економічне оцінювання в управлінні меліоративними проектами : монографія. Рівне : НУВГП, 2007. 258 с.

19. Тимчасові рекомендації з оптимізації водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції водогосподарсько-меліоративних об'єктів / Рокочинський А. М., Сташук В. А., Дупляк В. Д., Фроленкова Н. А. та ін. Рівне, 2010. 52 с.

20. Науково-методичні рекомендації до обґрунтування оптимальних параметрів сільськогосподарського дренажу на осушуваних землях за економічними та екологічними вимогами / Рокочинський А. М., Черенков А. В., Муранов В. Г., Волк П. П. та ін. Рівне : НУВГП, 2013. 34 с.

21. Шалай С. В., Рокочинський А. М., Сташук В. А., Бежук В. М. Тимчасові рекомендації з обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем. Рівне : НУВГП, 2004. 44 с.

## 26. ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙ У ПРОЄКТАХ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА МЕЛІОРАЦІЇ

Соціально-економічні зміни, що відбуваються в Україні протягом останніх десятиліть, характеризуються нестабільністю та відсутністю чіткої ефективної стратегії економічного розвитку практично у всіх сферах, що використовують природні ресурси. Зокрема, сучасний стан галузі водного господарства та меліорації земель характеризується наявністю комплексу проблем економічного та екологічного характеру, що пов'язані, перш за все, з відсутністю належного фінансування через незацікавленість як з боку держави, так і з боку потенційних приватних інвесторів.

Крім того, сучасний етап розвитку галузі характеризується комплексом невирішених завдань, що поєднуються з «викликами сучасності» – енергетичною, продовольчою, водною кризами, глобальною зміною клімату, вирішення яких можливе тільки за умови реформування організаційно-економічних відносин у галузі, появи нових джерел та форм фінансування водогосподарсько-меліоративних проєктів, впровадження нових екологічно досконаліших технологій, удосконалення існуючого механізму еколого-економічного оцінювання водогосподарських проєктів [1–3 та ін.]. Це призведе до підвищення інвестиційної привабливості галузі та її розвитку в напрямку екологізації виробництва. Адже саме обґрунтованість економічної доцільності та екологічної надійності таких проєктів є необхідною умовою та стимулом для їх фінансування як за рахунок державних, так і приватних інвестицій в сучасних умовах.

І якщо в більш рентабельних галузях цій проблемі приділяється сьогодні належна увага, то в галузі водного господарства і меліорації земель питання еколого-економічного оцінювання господарських рішень і досі залишаються недостатньо вирішеними. Існуюча на сьогоднішній день система економічних та екологічних розрахунків має переважно статичний характер і базується на методологічних підходах, які використовувались за умов адміністративно-планової економіки. Вони базувались на витратній концепції ресурсовикористання, що передбачає порівняння та вибір господарських рішень за критерієм мінімізації сукупних витрат, а також статичній моделі розрахунків без урахування життєвого циклу проєктів, зміни вартості ресурсів у часі, факторів ризику. Крім того, існуюча методологія економічних розрахунків в галузі не відображає реальний вплив технологічної (параметрів і конструкцій водогосподарсько-меліоративних систем) та екологічної (зокрема



мінливих погодно-кліматичних умов регіону) складових на економічні показники результативності проєктів.

За відсутності вітчизняних розробок доцільно орієнтуватись на використання зарубіжного досвіду і методологічних підходів в проблемі вибору економічно та екологічно оптимальних стратегій господарювання із обов'язковим урахуванням сучасних особливостей економічних відносин в Україні, а також практики вітчизняних розрахунків у водогосподарсько-меліоративній галузі.

Основною обґрунтування інвестиційних проєктів в розвинених країнах є методика, розроблена UNIDO, яка вперше була опублікована ще в 1978 р. і стала базою для ухвалення проєктних рішень. Базовими методологічними елементами методики є урахування зміни вартості грошей у часі, оцінка ефективності проєктів протягом всього життєвого циклу, прийняття інвестиційних рішень переважно на основі показника чистої теперішньої вартості, оцінка ризиків та їх впливу на результативність проєктів.

На сьогодні тривають дослідження та удосконалення даної методики, адаптація її до особливостей різних галузей, відображені в наукових працях, зокрема Daniel Armeanu, Leonard Lache, Sherif Mohamed, Alison K. Mc Cowan, Bierman Jr., Harold, Smidt, Maciej Nowak, Susan F. Naka, Peter Taylor, Michael J. Osborne та ін. [4–14 та ін.]. У сучасних роботах автори зосереджують увагу на оцінюванні придатності використання показників ефективності інвестування, їх порівняльному аналізі в різних галузях; розробці моделей оцінювання альтернативних інвестиційних рішень в умовах невизначеності; визначенні критеріїв інвестиційного аналізу та ін.

При аналізі придатності існуючих методологічних підходів до оцінювання ефективності водогосподарсько-меліоративних проєктів на еколого-економічних засадах необхідно мати на увазі, що вони мають певні особливості та відмінності від інвестиційних проєктів, здійснюваних в інших галузях. Це впливає на вибір методики їх оцінювання та особливості розрахунку економічних показників. Тому нами визначено наступні фактори, що мають визначальний вплив на удосконалення традиційних підходів до оцінювання господарських рішень у сфері природокористування:

- залежність отриманого еколого-економічного ефекту від такого фактора зовнішнього середовища як погодно-кліматичні умови, що надзвичайно актуально в контексті їх сучасних та перспективних змін [3; 15; 18];

- використання, крім матеріальних і трудових, специфічних видів ресурсів – природних (земельні, водні тощо);

– застосування специфічної технології: технологія водорегулювання меліорованих земель (система об'єктів інженерної інфраструктури, основних меліоративних фондів, технологічних процесів) та агротехніка (система основних сільськогосподарських фондів, методи і способи посіву, внесення добрив тощо).

Саме з урахуванням таких особливостей сьогодні проєкти у водогосподарській сфері пропонується розглядати не суто як технічні, а як складні природно-технічні та еколого-економічні системи.

А тому ми будемо розглядати **водогосподарсько-меліоративний проєкт** як певним чином організовану еколого-економічну систему, що функціонує з метою раціонального природокористування та оптимального й продуктивного розвитку аграрного виробництва на меліорованих землях за рахунок мінімізації впливу несприятливих умов навколишнього природного середовища на створюваний еколого-економічний ефект за визначений проміжок часу.

У світовій практиці економічних розрахунків взагалі розрізняють два основних підходи до оцінки економічної ефективності інвестицій в будь-які проєкти, в тому числі водогосподарські, відповідно до яких методи економічної оцінки інвестицій пропонується розділити на дві групи:

- 1) прості (статичні) методи;
- 2) методи дисконтування (динамічні).

Методи, що входять до першої групи, набули поширення у вітчизняній економічній практиці. При їхньому використанні не враховуються повна тривалість життєвого циклу проєкту, нерівнозначність грошових потоків, що виникають у різні моменти часу, вплив факторів ризику на кінцевий результат проєкту. Незважаючи на те, що в інших галузях вже активно застосовуються сучасні прогресивні методи інвестиційного аналізу, вітчизняні проєктні організації, які здійснюють розробку та реалізацію проєктів водогосподарсько-меліоративного будівництва чи реконструкції і досі в проєктних документах та техніко-економічному обґрунтуванні використовують застарілу та неефективну вітчизняну методологію. Саме цей підхід досі використовується при обґрунтуванні економічної ефективності водогосподарських проєктів, де не враховується концепція зміни вартості грошей у часі, оцінка впливу мінливих кліматичних умов на економічні параметри, екологічні ризики.

До другої групи входять методи аналізу інвестиційних проєктів, що оперують поняттям «тимчасових рядів» і потребують застосування спеціального математичного апарату і більш ретельної підготовки вихідної інформації. Ці показники адекватні основній меті виробництва в ринкових умовах, розглядають доходи і витрати проєкту за весь період

його функціонування, враховують зміну цінностей грошей з часом, дозволяють оцінити ризикованість проєктного рішення, орієнтують на вибір проєкту, який найбільше сприяє зростанню цінності підприємства тощо.

Традиційно показниками, за якими ухвалюються рішення щодо реалізації інвестицій, є критерії чистого дисконтованого доходу (NPV), індексу доходності інвестицій (PI), дисконтованого терміну окупності (DPP) і внутрішньої норми доходності (IRR) інвестицій, а також їх модифікації. Проте, застосування загальноприйнятих закордонних методик потребує їх адаптації до вітчизняних економічних умов, особливостей розрахунків економічних показників в різних галузях.

Узагальнюючи загальновизнані в розвинених країнах підходи і вимоги до оцінки ефективності інвестицій в технічні проєкти та з огляду на особливості галузі, сформульовані нами вище, методологічні підходи до інвестиційної оцінки водогосподарсько-меліоративних проєктів повинні базуватись на наступних принципах:

1. Багатоваріантність, тобто пошук найкращого проєктного рішення з вибраної сукупності можливих альтернативних варіантів.

2. Принцип урахування зміни цінності грошей у часі, розгляду водогосподарсько-меліоративного проєкту в динаміці, вивчення його ефективності комплексно, впродовж всього життєвого циклу.

3. Урахування специфічних особливостей середовища реалізації проєктів, які можуть проявлятися в:

- оцінці впливу екологічних факторів функціонування проєкту;
- оцінці впливу погодно-кліматичних факторів функціонування проєкту.

4. Принцип багаторівневості та поетапності оцінювання проєкту, тобто вибір критеріїв і показників оцінки у відповідності до фаз проєктного циклу.

5. Формування критеріїв ухвалення рішень:

- для проєктів державного значення – орієнтація не стільки на економічну, скільки на екологічну і соціальну ефективність проєкту (якщо проєкт важливий для економіки країни, можна ігнорувати принцип додатності і максимуму ефекту);

- для комерційних проєктів – отримання доходу не нижче бажаного рівня, який компенсує ризик невизначеності кінцевого результату.

6. Використання комплексу показників, які відповідають:

- основними цілям та завданням проєкту;
- інтересам основних учасників інвестиційного процесу;
- умовам середовища реалізації проєкту.

7. Повна окупність вкладених засобів за рахунок доходів від реалізації проєкту в межах терміну, прийняттого для інвестора.

8. Залучення, за необхідності, якісних показників та експертних оцінок, які дозволяють врахувати ефекти, що не піддаються вартісному виміру (соціальний, екологічний).

Дані принципи покладені в основу розробленої нами концепції та методичних підходів до оцінювання альтернативних варіантів інвестування у водогосподарсько-меліоративні проєкти.

Таким чином, на основі проведених нами досліджень розроблені теоретико-методологічні підходи та практичні рекомендації щодо удосконалення механізму еколого-економічного оцінювання інвестицій у водогосподарсько-меліоративні проєкти, практична реалізація яких, у свою чергу, спирається на застосування сучасних ВІМ-технологій при їх розробці [18].

Вони включають такі основні положення:

1. Пропонується дворівнева система оцінювання альтернативних варіантів проєктних рішень – *попередня спрощена* та *остаточна інвестиційна* оцінка з використанням різних методологічних підходів, а відповідно і критеріїв на цих рівнях для підвищення рівня обґрунтованості прийнятих рішень на багатоваріантній основі.

2. Врахування при економічних розрахунках мінливого і невизначеного характеру погодно-кліматичних умов, оскільки саме вони справляють визначальний вплив на формування економічного та екологічного ефекту при функціонуванні водогосподарсько-меліоративних об'єктів.

3. Виокремлення та кількісна оцінка погодно-кліматичного ризику як визначального фактору порівняння альтернативних варіантів проєктних рішень [19].

4. Виокремлення та кількісна оцінка екологічного ефекту при функціонуванні водогосподарсько-меліоративних об'єктів, що є необхідною умовою порівняння проєктних рішень, здійснюваних у галузі природокористування.

Отже, попереднє спрощене еколого-економічне оцінювання альтернативних варіантів проєкту доцільно здійснювати на стадії ескізного проєктування в умовах відсутності точної інформації про основні технічні і технологічні показники та параметри проєкту. Головним завданням такого оцінювання на етапі попереднього вибору є не стільки детальний розрахунок доходів і витрат кожного з альтернативних варіантів проєкту, скільки приведення їх до співставного вигляду за обраними критеріями ефективності з метою порівняння, що дозволяє підготувати основу для ухвалення остаточного рішення у подальшому.

Виходячи з цього, вважаємо за доцільне використання на даному етапі простих та загальноприйнятих методів оцінювання ефективності

проектів, які є достатньо ефективними для їхнього застосування у випадку, коли необхідно прийняти попереднє рішення в умовах обмеженості необхідної інформації, зокрема, **критерію мінімуму приведених витрат**, скоригованого з урахуванням рівня погодно-кліматичного ризику.

Тоді загальна модель попереднього еколого-економічного оцінювання можливих (визначених) варіантів проектних рішень сукупності  $\{i\}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$  за мінімумом приведених витрат  $ZP$  з урахуванням кліматологічно оптимальної стратегії має вигляд:

$$ZP_0 = \min_{\{i\}} \left[ \frac{\sum_{j=1}^m (C_{ij}^a + C_{ij}^o + A_i + E \cdot K_i + \overline{R}_{i_j}) \cdot \alpha_{p_j}}{\sum_{j=1}^m V_{ij} \cdot \alpha_{p_j}} \right], \quad (26.1)$$

за умови дотримання обмеження, що коефіцієнт екологічної надійності за  $i$ -м варіантом меліоративного проекту, що характеризує його екологічну прийнятність, знаходиться в інтервалі значень

$$0,5 < k_{n_i} \leq 1,0, \quad (26.2)$$

де  $C_{ij}^{cs}$ ,  $C_{ij}^e$ ,  $A_i$ ,  $V_{ij}$ ,  $R_{ij}$  – відповідно поточні сільськогосподарські та експлуатаційні витрати, амортизаційні витрати, обсяг виробленої продукції та рівень погодно-кліматичного ризику по варіантах проектних рішень сукупності  $\{i\}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$  за розрахункові роки  $\{j\}$ ,  $j = \overline{1, n_j}$  в межах проектного терміну функціонування об'єкта, USD/га;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень  $K_i$  за відповідними варіантами проектних рішень;  $\alpha_{p_j}$  – дольова частка участі розрахункових років сукупності  $\{j\}$ ,  $j = \overline{1, n_j}$  в межах проектного терміну

функціонування об'єкта,  $\sum_{j=1}^m \alpha_{p_j} = 1$  ;  $k_{n_i}$  – коефіцієнт екологічної надійності за  $i$ -м варіантом водогосподарсько-меліоративного проекту, що визначається як і економічні складові критерію оптимізації

$$k_{n_i} = \sum_{j=1}^m k_{n_{ij}} \cdot \alpha_{p_j}. \quad (26.3)$$

Тут екологічна надійність може бути розрахована за експертною оцінкою визначеної сукупності фізичних показників технологічної та

екологічної ефективності функціонування об'єктів, які характеризують еколого-меліоративний стан території.

Важливою складовою запропонованих підходів є введення в розрахунки показника погодно-кліматичного ризику, що відображає відхилення фактичної врожайності за варіантом, від потенційно можливого його значення у сприятливих метеорологічних умовах. Такий ризик може бути визначений за допомогою методів статистичного аналізу за наявності масиву даних багаторічних досліджень [19].

Зрештою, врахування погодно-кліматичних умов та визначення всіх необхідних показників технологічної, економічної та екологічної ефективності функціонування конкретного водогосподарсько-меліоративного об'єкта у змінних природно-агромеліоративних умовах здійснюється за розробленим нами комплексом взаємопов'язаних прогнозно-імітаційних моделей. Вони реалізуються на основі машинного експерименту з використанням ЕОМ і дозволяють визначати на основі довготермінового прогнозу й оцінювати кліматичні умов місцевості та метеорологічні режими, водний режим та технології водорегулювання, продуктивність меліорованих земель [15–18]. Їх практичне застосування регламентовано відповідними галузевими нормативами Держводагентства України.

Отже, за результатами попередньої спрощеної оцінки на етапі ескізного проектування, згідно з [18], обираються один або декілька найкращих варіантів з розглянутої сукупності (економічно оптимальних та екологічно прийнятних). За ними в подальшому розробляються технічні проекти в повному обсязі з визначенням остаточних значень всіх ресурсних показників за проектом та оцінюється їх інвестиційна привабливість на заключному етапі.

Остаточна інвестиційна оцінка обраних попередньо оптимальних варіантів проектних рішень виконується відповідно до рекомендацій UNIDO за показниками, перерахованими вище, з урахуванням розробленої нами концепції впливу метеорологічних умов, за моделлю

$$PI_0 = \max_{\{i\}} \sum_{j=1}^m PI_{i_j} \cdot \alpha_{p_j}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (26.4)$$

за умови, що

$$\begin{cases} NPV_i \geq 0; \\ IRR_i \geq d_i; \\ DPP_i \leq T, \end{cases} \quad (26.5)$$

де  $d_i$  – норма дисконту за варіантом проектного рішення;  $T_{np}$  – прийнятний для інвестора дисконтований термін окупності вкладень.

Кожен з показників, що входять до загальної моделі, в свою чергу розрахований з урахуванням мінливості погодно-кліматичних умов та їх впливу на основні економічні параметри. Так, наприклад,

$$ИИ_i = \left[ \sum_{t=0}^T \frac{E_{zi_t}}{(1+d_{i_t})^t} \Big/ \sum_{t=0}^T \frac{I_{i_t}}{(1+d_{i_t})^t} \right] + 1, \quad i = \overline{1, n}, \quad (26.6)$$

де  $E_{z_i}$  – річний економічний ефект за кожним варіантом водогосподарсько-меліоративного проєкту, який розраховується за формулою

$$E_{z_i} = \sum_{j=1}^m \Delta ЧД_{ij} \cdot \alpha_{p_j} + \Delta A_i - I_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (26.7)$$

де  $I$  – річна сума інвестицій, USD/га;  $\Delta ЧД$  - приріст річного прогнозного чистого доходу за результатами реалізації інвестиційного проєкту, USD/га;  $\Delta A$  – приріст річних амортизаційних відрахувань, пов'язаний з введенням у дію нових основних фондів, USD/га.

Аналогічно розраховуються інші складові моделі.

Запропоновані методологічні підходи були апробовані авторами при розробці оптимальних параметрів технологічних та конструктивних рішень водогосподарсько-меліоративних об'єктів в різних природно-кліматичних зонах [16–17].

Як приклад, розглянемо оцінку економічної та екологічної ефективності інвестицій в реконструкцію Придунайських рисових зрошувальних систем (РЗС) в Одеській області України (біля 3000 тис. га) для підвищення загальної ефективності їх функціонування на основі розробленого комплексу інженерно-меліоративних заходів.

За результатами аналізу й узагальнення науково-дослідних та виробничих даних досліджень впродовж функціонування Придунайських РЗС впродовж 1966–2016 рр. на основі системної оптимізації розроблено комплекс режимних, технологічних і технічних заходів щодо необхідності та доцільності переходу від традиційного ресурсозатратного на раціональний та ресурсозберігаючий рівні водо-та енергокористування, повторного використання дренажно-скидних вод (ДСВ), застосування глибокого розпушення з використанням відповідних низькоенергозатратних агрегатів, проведення періодичної промивки засолених ґрунтів на фоні глибокого їх розпушення, дооснащення існуючої відкритої дренажно-скидної мережі закритими дренами-колекторами тощо.

Водночас як альтернативні варіанти були розглянуті такі:

- *варіант 1* – як база порівняння щодо умов роботи РЗС у проєктному режимі, який характеризується питомим вмістом рису на рівні 70–90%

- *варіант 2* – відображає умови роботи РЗС при запровадженні заходів, направлених на підвищення дренажності рисових чеків за рахунок дооблаштування дренажної мережі у вигляді відкритих каналів закритими колекторами;
- *варіант 3* – заходи за варіантом 2, плюс глибоке розпушення верхнього важководопроникного шару ґрунту на товщину 0,6 м;
- *варіант 4* – заходи за варіантом 2, плюс запровадження повторного використання ДСВ з їх розбавленням у співвідношенні 1:1;
- *варіант 5* – заходи за варіантом 2, плюс запровадження повторного використання ДСВ з їх розбавленням у співвідношенні 1:2;
- *варіант 6* – заходи за варіантом 3, плюс повторне використання ДСВ з їх розбавленням в співвідношенні 1:1;
- *варіант 7* – заходи за варіантом 3, плюс повторне використання ДСВ з їх розбавленням у співвідношенні 1:2;
- *варіант 8* – робота РЗС у проєктному режимі (варіант 1) з проведенням глибокого розпушення ґрунту на глибину 0,6 м.

Вихідні дані для визначення інвестиційної ефективності проєктних рішень наведені в таблиці 26.1.

Таблиця 26.1

Вихідні дані для розрахунку інвестиційних рішень  
за варіантами проєктних рішень

№ з/п	Показники	Варіанти							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Річний чистий дохід, USD/га	296,9	1285,6	1705,0	1371,8	1367,7	1371,8	1364,7	454,8
2	Амортизаційні відрахування, USD/га	114,6	127,1	127,1	127,1	127,1	127,1	127,1	114,6
3	Інвестиції, USD/га	2291,7	2542,6	2542,6	2542,6	2542,6	2542,6	2542,6	2291,7

Порівняльна характеристика та обґрунтування оптимального проєктного рішення за зведеними показниками їх економічної й екологічної ефективності, що отримані за відповідними методиками, наведена в таблиці 26.2.

Наведені дані (див. табл. 26.2) переконливо засвідчують, що реалізація розробленого комплексу агротехнічних та інженерно-меліоративних заходів є економічно обґрунтованою та екологічно прийнятною порівняно з існуючими умовами функціонування Придунайських РЗС.



Таблиця 26.2

Обґрунтування оптимального проектного рішення за зведеними показниками економічної та екологічної ефективності

№ з/п	Показник	Варіанти проектних рішень							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Критерій економічної ефективності, $ZP_i$	2,88	0,74	0,63	0,78	0,79	0,75	0,76	2.06
2	Критерій екологічної ефективності за показником надійності, $k_{ni}$	0,41	0,87	0,63	0,75	0,78	0,81	0,83	0,53

Прийнятними як з екологічної, так і з економічної точки зору, є варіанти 2–7, найкращим з них є варіант 3 з критерієм екологічної надійності 0,63.

Узагальнені результати інвестиційної оцінки альтернативних проектних варіантів, на основі яких визначено найкращий, наведені в таблиці 26.3.

Таблиця 26.3

Результати інвестиційної оцінки варіантів проектних рішень щодо підвищення ефективності функціонування Придунайських РЗС

Показник	Варіанти проектних рішень							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Індекс доходності інвестицій	0,50	1,91	2,47	1,62	2,11	1,30	1,29	1,08
Чиста теперішня вартість з початку існування проекту, USD/га	918,0	3160,0	3735,0	3229,0	3194,0	3439,0	3380,0	648,0
Внутрішня норма доходності, %	2,05	3,28	8,19	5,02	9,37	6,66	6,62	5,16
Детермінований термін окупності, роки	8,65	3,47	2,75	3,28	3,55	3,16	3,19	7,71

Отримані результати з інвестиційної оцінки варіантів проектних рішень (див. табл. 3) підтверджують як загальноекономічну, так і достатньо високу комерційну ефективність варіантів 3, 4, 6. Найвищі значення показників індексу доходності 2,47 та сукупної вартості проекту 3735 USD/га маємо за варіантом 3. Термін окупності капіталовкладень для

даного варіанту становить 2,75 роки, що є досить перспективним і забезпечить швидке погашення інвестицій.

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

1. Розглянуті та запропоновані підходи до оцінювання водогосподарсько-меліоративних проєктів, на відміну від традиційних, орієнтують на вибір таких варіантів проєктних рішень, де витрати і втрати від негативного впливу факторів навколишнього природного середовища збалансовані в прийнятній пропорції, та віддають перевагу більш технічно та технологічно досконалій технології водорегулювання.

2. Чим досконаліша технологія регулювання водно-повітряного режиму ґрунтів, тим менша залежність урожаїв від несприятливих зовнішніх умов і стабільніший доход. Крім того, такі технології забезпечують екологічну стійкість території та раціональне використання природних ресурсів.

3. Механізм дворівневого оцінювання альтернативних варіантів проєктних рішень з використанням різних методологічних підходів на кожному рівні, підсилених урахуванням мінливих та невизначених природно-кліматичних умов, дозволить підвищити економічну та екологічну обґрунтованість прийнятих техніко-технологічних рішень, а отже, стимулювати інвестиційний розвиток галузі.

### *Література до розділу*

1. Водний менеджмент в Україні: проблеми та інновації розвитку : монографія / за ред. д.т.н., проф. Л. Ф. Кожушка, д.т.н., проф., член-кор. НААН В. А. Сташука, д.е.н., проф., академіка НААН М. А. Хвесика, д.т.н., проф. А. М. Рокочинського. Рівне, 2018. 638 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/11720/> (дата звернення: 10.12.2023).

2. Фроленкова Н. А. Рокочинський А. М. *Теоретичні та практичні аспекти удосконалення механізму обґрунтування доцільності інвестицій при розробці водогосподарсько-меліоративних проєктів*. Організаційно-економічна засади інформаційного забезпечення економіки : колективна монографія. Рівне : НУВГП, 2018. С. 97–108. URL: [http://esnuir.eenu.edu.ua/bitstream/123456789/14145/1/rozd\\_4.5.pdf](http://esnuir.eenu.edu.ua/bitstream/123456789/14145/1/rozd_4.5.pdf) (дата звернення: 10.12.2023).

3. Evaluation of Climate Change in the Rice-Growing Zone of Ukraine and Ways of Adaptation to the Predicted Changes / Anatolii Rokochynskiy, Vasyl Turcheniuk, Nataliia Prykhodko, Pavlo Volk, Ievgenii Gerasimov & Cengiz Koç. *Agric. Res.* 2020. <https://doi.org/10.1007/s40003-020-00473-4>

4. Daniel Armeanu, Leonard Lache. The NPV Criterion for valuing investments under uncertainty. *Economic computation and economic cybernetics studies and research*. January, 2009. Vol. 4(4).

5. Maciej Nowak. Investment projects evaluation by simulation and multiple criteria decision aiding procedure. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2005. Vol. 11, Issue 3. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13923730.2005.9636350> (дата звернення: 10.12.2023).

6. Daniel Teichroew, Alexander A. Robichek, Michael Montalbano. An Analysis of Criteria for Investment and Financing Decisions Under Certainty. *Management Science*. Vol. 12, No. 3. <https://doi.org/10.1287/mnsc.12.3.151>

7. H. Martin Weingartner. Criteria for Programming Investment Project Selection. *The Journal of Industrial Economics*. Nov., 1966. Vol. 15, No. 1. P. 65–76 .

8. Jing Chen. An analytical theory of project investment: a comparison with real option theory. *International Journal of Managerial Finance*. URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/17439130610705535/full/html> (дата звернення: 10.12.2023).

9. Research on Investment Decision of Substation Project Based on Life Cycle Cost / Linfeng Wang, Ning Xu, Nan Xu, Yan Song, Yongli Wang and Shanshan Song. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/242/2/022016/meta> (дата звернення: 10.12.2023).

10. Sherif Mohamed, Alison K. McCowan. Modelling project investment decisions under uncertainty using possibility theory. *International Journal of Project Management*. May 2001. Vol. 19, Issue 4. P. 231–241.

11. Sudong Ye and Robert L. K. Tiong. NPV-at-Risk Method in Infrastructure Project Investment Evaluation. *Journal of Construction Engineering and Management*. May 2000. Vol. 126, Issue 3. URL: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2000\)126:3\(227\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9364(2000)126:3(227)). (дата звернення: 10.12.2023).

12. Susan F. Haka. A Review of the Literature on Capital Budgeting and Investment Appraisal: Past, Present, and Future Musings. *Handbooks of Management Accounting Research*. 2006. Vol. 2. P. 697–728.

13. The Capital Budgeting Decision: Economic Analysis of Investment Projects / by Harold Bierman Jr., Seymour Smidt. Published by Routledge, 2006. 424 p.

14. Young H. Kwak, C. William Ibbs. Calculating Project Management's Return on Investment. <https://doi.org/10.1177/875697280003100205>

15. Rokochinskiy A., Volk P., Pinchuk O., Mendus S., Koptyuk R. Comparative evaluation of various approaches to the foundation of parameters of agricultural drainage. *Journal of Water and Land Development*. 2017. No. 34. P. 215–220. DOI: 10.1515/jwld-2017-0056. (SNIP: 0.486)

16. Рис Придунав'я : колективна монографія / за ред. В. А. Сташука, А. М. Рокочинського П. І. Мендуся, В. О. Турченюка. Херсон : Гринь Д.С.,

2016. 638 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/7544/> (дата звернення: 10.12.2023).

17. Природообустройство Полесья : монография : в 4 кн. / подобщ. науч. ред. Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, А. А. Волчека, О. П. Мешика, Е. Езнаха. Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2017. Кн. 2 : Украинское Полесье. Т. 1. 902 с., Т. 2. 852 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/17225/> (дата звернення: 10.12.2023).

18. Reclamation projects development improvement technology considering optimization of drained lands water regulation based on BIM / Rokochinskiy A., Jeznach J., Volk P., Turcheniuk V., Frolenkova N., Koptiuk R. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences*. 2019. Vol. 28, Issue 3(85). P. 432–443. URL: [http://iks\\_pn.sggw.pl/PN85/A11/zeszyt85art11en.html](http://iks_pn.sggw.pl/PN85/A11/zeszyt85art11en.html) (дата звернення: 10.12.2023).

19. Frolenkova N., Rokochinskiy A. The evaluation of environmental risks in the sphere of water and land reclamation. *Oxford Journal of Scientific Research*. 2015. OxfordUniversityPress, 2015. No. 1(9) (January-June). Vol. III. P. 155–160.

20. Управління проектами у водному господарстві та природокористуванні : навч. посіб. / А. М. Рокочинський, Л. Ф. Кожушко, С. М. Кропивко, Н. А. Фроленкова. Рівне : НУВГП, 2012. 293 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2213/> (дата звернення: 10.12.2023).

## 27. ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ВАРТОСТІ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЩОДО ЗМІННИХ УМОВ ЇХНЬОГО ВИКОРИСТАННЯ

Запровадження ринку землі в Україні визначає актуальність щодо визначення вартості земельного фонду з урахуванням всіх найважливіших аспектів його використання. Недосконалість існуючих підходів до вартості землі викликає активну дискусію як у політиків і науковців, так і власників земельних паїв, фермерів, агрохолдингів тощо [1]. На вартість земельних ділянок сільськогосподарського призначення для ведення товарного сільськогосподарського призначення в даний час впливають як об'єктивні, так і суб'єктивні фактори. Серед об'єктивних факторів варто відзначити один із основних показників, що формує утворення рентного доходу, а саме врожайність сільськогосподарських культур. До суб'єктивних факторів варто віднести бажання власників земельних ділянок реалізувати в повній мірі своє право, а саме відчужити свої земельні ділянки. Це стане можливим після зняття мораторію на продаж земель сільськогосподарського призначення.

Проведений різними дослідниками аналіз підтверджує, що прогнозна ціна на українські чорноземи найнижча у Європі. Так, за розрахунками Мінекономіки, гектар землі в Україні після відкриття ринку може коштувати близько \$ 2,2 тис. при звичайній моделі (продаж резидентам і нерезидентам) і \$ 1,5 тис. при обмеженій моделі (якщо купують лише громадяни України). На вартість сільськогосподарської землі в Україні впливають урожайність, наявність інфраструктури та бажання власника швидко продати пай. Із зростанням площі ділянки ціна за сотку майже не знижується [2].

Для порівняння прогнозна ціна на гектар землі інших країн складає: США – \$ 7 тис. 487, Канада – \$ 5 тис. 667, Нідерланди – \$ 81 тис. 836, Люксембург – \$ 42,7 тис., Італія – \$ 40,2 тис., Велика Британія – \$ 28 тис. 140, Ірландія – \$ 23 тис. 884, Данія – \$ 20 тис 794, Словенія – \$ 20 тис. У межах \$10–15 тис. два роки тому можна було купити гектар землі в Греції, Іспанії, Польщі, Швеції, Фінляндії. У Латвії, Хорватії та Словаччині на порядок дешевше – \$ 3,6 тис. Наближена до прогнозованої ціни землі в Україні лише вартість гектара в Румунії (\$ 2,5 тис.) [3].

Отже, в даний час Україна перебуває на шляху переходу від нормативної до масової оцінки земель і саме використання директиви ЄС INSPIRE щодо використання ринкової вартості для оцінки та оподаткування земель із урахуванням стану українського законодавства забезпечить повноцінну основу для оподаткування земель.

Тому аграрна реформа стала невід'ємною складовою загальноекономічних перетворень у країні і вносить корінні зміни у

відносини товаровиробників і держави, організаційно-правові форми господарювання та види власності. З моменту, коли землекористування в Україні стало платним, актуального значення набула найважливіша економічна функція землі – її цінність як об'єкта товарного обігу, інвестування й оподатковування [4].

У зв'язку з розвитком ринкових відносин результати оцінювання земель минулих років не зовсім відповідають сучасному стану економіки аграрного виробництва. Діючі донедавна методики з оцінювання сільськогосподарських земель не враховували специфіки їхнього безпосереднього використання. У сучасних умовах економічну оцінку земель сільськогосподарського призначення варто здійснювати, насамперед, на основі диференційованої оцінювання рівня їхньої продуктивності у вигляді врожайності сільськогосподарських культур польових сівозмін з урахуванням природно-кліматичних зон й інших умов конкретного регіону. Наявні та перспективні зміни погодно-кліматичних умов визначають актуальність збільшення об'ємів використання сільськогосподарських угідь з регульованим водним режимом практично у всіх регіонах України як в зоні осушувальних, так і зрошувальних меліорацій.

Крім того, в сучасних умовах необхідно дотримуватися основних світових напрямків розвитку діяльності з оцінювання землі, серед яких основним є перехід з нормативної до ринкової бази оцінки як основи для оподаткування земель. Це дасть змогу здійснити розробку ще більш універсального методу оцінювання вартості землі. Так, у Великобританії процес оцінки земельних ресурсів ділиться на два етапи: на першому етапі оцінювання здійснюється агрокліматичне оцінювання, а на другому – економічне оцінювання в межах виділених на попередньому етапі видів земель, яка базується на показнику стандартної чистої продукції.

При укладенні цивільно-правових угод щодо земельних ділянок та прав на них використовується експертна грошова оцінка земельних ділянок. Чинним законодавством виділено три методичні підходи до оцінки земель (дохідний, витратний, порівняльний) які можуть бути реалізовані шляхом застосування певних методів.

Методичний підхід порівняння цін продажів подібних земельних ділянок (*порівняльний підхід*), що ґрунтується на принципі заміщення, на практиці реалізується за допомогою методів попарного порівняння та статистичного аналізу ринку.

*Витратний* підхід застосовується лише для визначення вартості земельних поліпшень і не має самостійного значення для оцінювання землі.

*Дохідний* підхід застосовується при визначенні вартості ділянок, і відображає її дохід у майбутньому протягом певного строку

використання. Такі методи дозволяють одержати оцінку вартості землі, виходячи з очікуваних потенційним покупцем доходів, і застосовуються лише до земельних ділянок, що приносять дохід.

Метод прямої капіталізації ґрунтується на припущенні щодо постійності та незмінності грошового потоку від використання земельної ділянки.

Вартість земельної ділянки визначається як співвідношення чистого операційного або рентного доходу і ставки капіталізації [5; 6]

$$C_{кп} = \frac{D_o}{C_k}, \quad (27.1)$$

де  $C_{кп}$  – вартість земельної ділянки, визначена шляхом прямої капіталізації (у грошових одиницях);  $D_o$  – чистий операційний або рентний дохід (у грошових одиницях);  $C_k$  – ставка капіталізації (у вигляді десяткового дробу).

Чистий операційний або рентний дохід являє собою різницю між прогнозним річним доходом ( $D_o$ ) та поточними витратами ( $C$ ) на виробництво продукції, які складаються з сільськогосподарських та меліоративних витрат. У свою чергу, прогнозний річний дохід за видами вирощуваних культур залежить від рівня урожайності сільськогосподарської продукції та середніх цін на її реалізацію. Тоді

$$C_{кп} = \frac{D_n - C}{C_k}. \quad (27.2)$$

Тобто розподіл річного рентного доходу на відповідну ставку капіталізації перетворює величину очікуваних доходів на вартість земельної ділянки.

Для визначення рентного доходу із земельних ділянок, які використовуються в аграрному виробництві, в методиці пропонується враховувати типовий для даної місцевості набір культур, що забезпечує ефективне використання ділянки, дотримання сівозміни і збереження родючості землі. Для визначення нормальної (типової) врожайності можуть бути використані багаторічні дані спостережень щодо фактичної врожайності ґрунтів у межах земельної ділянки, що оцінюється, або дані польових дослідів про урожайність культур у розрізі відповідних агровиробничих груп ґрунтів. На практиці господарства, як правило, не мають даних багаторічних досліджень щодо врожайності в різні за кліматичними умовами групи років і не мають можливості спрогнозувати очікуваний рівень урожайності.

Через наявну систему нормування врожайності, що використовується у проєктах будівництва, реконструкції та експлуатації меліоративних систем і повною мірою не відображає стан та не враховує

характерні особливості, притаманні меліорованим землям у конкретних умовах їхньої експлуатації (клімат, ґрунти, врожай вирощуваної культури, режими та технології водорегулювання тощо). Її значення не можуть бути ефективно використані в запропонованих підходах. У зв'язку з цим, є гостра потреба у створенні відповідних науково-методичних підходів, що дасть змогу врахувати всі зазначені множинні змінні чинники впливу на стадії розробки проєкту.

Найважливіша особливість та відмінність аграрного виробництва від інших галузей суспільного виробництва полягає в тому, що воно здійснюється за участю природних факторів, і продуктивність землеробства, в тому числі на меліорованих землях. Дохідність земельної ділянки формується не тільки в залежності від біологічних можливостей сортів культур, наявної системи машин і механізмів, вчасного та якісного обробітку ґрунтів, внесених добрив, сівозмін тощо, але і як результат взаємодії низки метеорологічних факторів. Природні явища мають невизначений та змінний характер та важко передбачувані. Саме тому аграрне виробництво має максимальну чутливість до умов погоди, до зміни гідрометеорологічних факторів. Формування врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур відбувається в умовах циклічності та мінливості погодних умов у багаторічному та внутрішньовеgetаційному перерізі. Випадково складені погодні умови кожного поточного року і кліматичні характеристики у багаторічному перерізі, притаманні конкретній місцевості, зумовлюють значне коливання врожайності, яка за погодними (кліматичними) умовами може змінюватись в 6–9 разів.

Нами розроблено теоретичні та практичні підходи і моделі з прогнозного оцінювання на довгостроковій основі змін погодно-кліматичних умов, водного режиму ґрунтів, технологій водорегулювання, продуктивності земель і, відповідно, врожайності вирощуваних культур на меліорованих землях [7; 8]. Дані моделі реалізується в рамках оптимізації технологічних (способи водорегулювання) й відповідних конструктивних рішень з їх забезпечення (тип, конструкція, параметри гідромеліоративної системи) за комплексом прогнозно-оптимізаційних моделей із застосуванням сучасних ВІМ-технологій розробки проєктів будівництва й реконструкції такого роду об'єктів [9]. Їх практичне застосування регламентовано відповідними галузевими нормативами Державного агентства водних ресурсів України.

Це дозволяє перейти від методик нормування врожайності до визначення реально можливих доходів залежно від типу, конструкції меліоративної системи, а також зміни погодних умов. Виходячи з цього, можна розрахувати вартість земельних угідь, яка заснована не на



необґрунтованих нормативних показниках, а на більш об'єктивних прогнозах [8].

Забезпеченість конкретної культури зовнішніми факторами визначається, перш за все, природно-кліматичними умовами зони розташування об'єкта та вегетаційним періодом культури. Інтегральним показником узгодження наявних ресурсів є встановлення забезпеченої відповідними ресурсами врожайності конкретної культури для відповідної зони її вирощування. Тому нами запропоновано удосконалену класифікацію категорій врожайності з урахуванням факторів впливу на розвиток культур для меліорованих земель у вигляді відповідної структурної схеми (рис. 27.1).



**ПВ** - потенційна врожайність; **КЗВ** - кліматично забезпечена врожайність; **ММВ** - метеорологічно можлива врожайність; **БЗУ** - врожайність, забезпечена природним бонітетом ґрунту; **АЗВ** - агротехнічно забезпечена врожайність; **ДМВ** - дійсно можлива врожайність; **ЗВ** - технологічно забезпечена врожайність; **УВ** - врожайність виробництва.

Рис. 27.1. Удосконалена класифікація категорій врожайності на меліорованих землях

Вона є основою для створення загальної моделі врожайності (розрахунковий аналог реальної врожайності в умовах об'єкта).

На підставі узагальнення результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблена і пропонується модель врожаю сільськогосподарських культур на осушуваних землях у вигляді комплексної моделі мультиплікативного типу. Дана модель виражена через добуток кліматично забезпеченої врожайності та функцій впливу факторів на формування реальної врожайності, вплив яких оцінюється відповідними множинними коефіцієнтами

$$Y_{kogs\ p} = Y_{okp}^F \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \text{ ц/га}, \quad (27.3)$$

де  $Y_{okp}^F$  – кліматично забезпечений врожай  $k$ -ї культури за період вегетації  $p$ -ї його тепло- й вологозабезпеченості (залежить від надходження в конкретному місці сонячної радіації та рівня її використання рослиною за показником коефіцієнта корисної дії фотосинтетичноактивної радіації-ФАР);  $K_1$  – коефіцієнт впливу на врожайність бонітету ґрунту ( $0 \leq K_1 \leq 1$ );  $K_2$  – коефіцієнт впливу на врожай внесених мінеральних та органічних добрив ( $K_2 > 1$ , але  $0 < K_1 \times K_2 \leq 1$ );  $K_3$  – коефіцієнт впливу на врожай  $k$ -ї культури відхилення терміну сівби (відновлення вегетації) від оптимального ( $0 \leq K_3 \leq 1$ ) за умовами водорегулювання;  $K_4$  – коефіцієнт впливу на врожай поточних природно-меліоративних умов (клімату та технологій водорегулювання) періоду вегетації культури ( $0 \leq K_4 \leq 1$ );  $K_5$  – коефіцієнт впливу на врожай відхилення терміну збирання від оптимального ( $0 \leq K_5 \leq 1$ );  $K_6$  – коефіцієнт зменшення врожаю за рахунок втрат при збиранні та транспортуванні (амбарний врожай вирощеної продукції) ( $0 < K_6 \leq 1$ ).

У зв'язку з природною сезонною циклічністю сільськогосподарського виробництва розрізняють різні за умовами тепло- й вологозабезпеченості періоди вегетації, які можна згрупувати в розрахункові (типові) групи років. Розподіл даних груп років у межах життєвого циклу проекту нерівномірний і може бути здійснений за допомогою коефіцієнта дольової частки (імовірності виявлення) відповідної групи років у загальному терміні реалізації проекту ( $\alpha_p$ ).

Таким чином, загальна модель врожайності є основою визначення проектної врожайності на меліорованих землях, яка може бути представлена як середньозважена в часі та просторі величина:

$$\bar{Y}_k = \sum_{\omega=1}^{n_\omega} \sum_{g=1}^{n_g} \left( \sum_{p=1}^{n_p} Y_{kogs\ p} \cdot \alpha_p \right) \cdot f_\omega \cdot f_g, \text{ ц/га}, \quad (27.4)$$

де  $\bar{Y}_k$  – проектна врожайність  $k$ -ї культури за визначеною технологією водорегулювання в заданих умовах;  $Y_{kogs\ p}$  – ефективна (дійсно можлива) врожайність  $k$ -ї культури у відповідних змінних умовах сукупності: кліматичних  $\{\omega\}$ ,  $\omega = \overline{1, n_\omega}$ , ґрунтових  $\{g\}$ ,  $g = \overline{1, n_g}$  меліоративних (технології водорегулювання)  $\{s\}$ ,  $s = \overline{1, n_s}$  умовах у різних (розрахункових) за тепло- й вологозабезпеченістю періодах вегетації  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$ ;  $f_\omega, f_g$  – дольові частки розповсюдження відповідно природно-кліматичних та

грунтових відмін у межах об'єкта;  $\alpha_p$  – відомі (визначені або задані) значення повторюваності чи часток сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  можливого стану типових метеорологічних режимів у розрахункові періоди вегетації в межах проєктного терміну функціонування об'єкта,  $\sum_{p=1}^{n_p} \alpha_p = 1$ .

Крім урожайності, яка має визначальний вплив на величини доходу і поточних сільськогосподарських витрат, важливий вплив на підсумкову величину вартості ділянки має ставка капіталізації – коефіцієнт, за допомогою якого рентний або чистий операційний дохід перераховується в поточну вартість земельної ділянки.

Традиційно будь-яка процентна ставка на ринку є сумою безризикової або безпечної, процентної ставки ( $d$ ) та премії за ризик ( $r$ )

$$C_\kappa = d + r. \quad (27.5)$$

В Україні, де фінансовий ринок перебуває в стадії розвитку, основою для формування ринкових процентних ставок сьогодні виступають ставки рефінансування та облікова ставка Національного банку України.

Що стосується ризиків у сільському господарстві, то це окрема велика тема, яка ще потребує додаткових досліджень. Сучасні автори пропонують до безризикової ставки включати страховий тариф у сфері сільського господарства, який є величиною, що затверджується відповідними державними органами по областях України [10; 12; 13] або розраховується страховими компаніями для кожного об'єкта індивідуально.

Масштабний машинний експеримент з використанням ЕОМ з визначення прогнозованої вартості осушуваних земель з використанням середніх за останніх 5 років вартісних показників виконано нами на прикладі земельної ділянки площею 430 га, що розташована в Рівненській області (зона Західного Полісся України). В межах ділянки можна виділити такі множинні змінні умови:

– за ґрунтами  $\{g\}$ ,  $g = \overline{1, n_g}$  ( $n_g = 3$ ), які характеризуються різним рівнем потенційної родючості за бонітетом (Б) у відповідних балах та часткою  $f_g$  розповсюдження в межах об'єкта: 1 – дерново-опідзолені глеєві зв'язно-супіщані ґрунти (Б=28),  $f_g = 0,1$ ; 2 – дерново-слабопідзолисті піщані на пісках ґрунти (Б=20),  $f_g = 0,3$ ; 3 – торфові середньопотужні малозольні ґрунти (Б=38),  $f_g = 0,6$ ;

– за типовими районованими для даної зони вирощуваними сільськогосподарськими культурами сукупності  $\{k\}$ ,  $k = \overline{1, n_k}$  ( $n_k = 3$ ) та

відповідною часткою їх посівних площ  $f_k$ : 1 – озима пшениця,  $f_k=0,3$ ; 2 – картопля  $f_k=0,2$ ; 3 – багаторічні трави  $f_k=0,5$ ;

– за типовими (розрахунковими) щодо умов тепло- й вологозабезпеченості періодами вегетації сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$ , ( $n_p = 5$ ): 1 – дуже вологі,  $p = 10\%$ ; 2 – вологі,  $p = 30\%$ ; 3 – середні,  $p = 50\%$ ; 4 – сухі,  $p = 70\%$ ; 5 – дуже сухі,  $p = 90\%$ .

Узагальнені результати щодо диференціації прогнозних значень урожаю вирощуваних сільськогосподарських культур та чистого рентного доходу, як основи для визначення вартості осушуваних земель у змінних умовах їх використання на об'єкті, що досліджується, подані в табл. 27.1.

Таблиця 27.1

Узагальнена порівняльна характеристика щодо диференціації прогнозних значень урожаю вирощуваних сільськогосподарських культур та чистого рентного доходу осушуваних земель за агрономіоративними умовами їх використання

Ґрунти	Розрахункові роки	Озима пшениця (зерно) $f_k=0,3$		Картопля, $f_k=0,2$		Багаторічні трави (сіно), $f_k=0,5$	
		$Y_k$ ц/га	$D_o$ USD·ha <sup>-1</sup>	$Y_k$ ц/га	$D_o$ USD·ha <sup>-1</sup>	$Y_k$ ц/га	$D_o$ USD·ha <sup>-1</sup>
Ґрунт $g = 1$ , $f_g=0,1$ ; Б=28	p=10%	20,50	304,39	245,30	2808,3	11,70	50,21
	p=30%	34,90	536,29	305,40	3577,16	18,90	97,00
	p=50%	43,20	676,39	282,40	3509,88	22,10	120,99
	p=70%	42,40	677,47	262,00	3021,08	22,00	127,66
	p=90%	37,10	595,21	222,90	2484,22	17,70	100,21
	<b>Середньо-зважене</b>	<b>37,25</b>	<b>583,45</b>	<b>266,35</b>	<b>3160,8</b>	<b>19,17</b>	<b>87,80</b>
Ґрунт $g = 2$ , $f_g=0,3$ ; Б=20	p=10%	12,0	163,46	150,86	1666,49	21,00	105,94
	p=30%	20,40	297,70	156,99	1732,22	34,80	194,74
	p=50%	23,00	341,34	128,77	1407,67	42,70	251,52
	p=70%	24,20	372,98	110,28	1195,03	36,30	225,92
	p=90%	20,20	309,66	101,70	1096,38	29,30	181,28
	<b>Середньо-зважене</b>	<b>20,52</b>	<b>304,94</b>	<b>129,05</b>	<b>1411,6</b>	<b>34,94</b>	<b>204,56</b>
Ґрунт $g = 3$ , $f_g=0,6$ ; Б=38	p=10%	35,20	529,74	163,80	1846,08	35,90	209,13
	p=30%	64,10	991,92	195,70	2259,69	50,90	306,01
	p=50%	86,40	1361,58	193,90	2382,94	67,20	422,27
	p=70%	81,80	1324,42	153,90	1934,58	57,80	378,43
	p=90%	71,10	1157,72	141,10	1841,22	45,00	295,48
	<b>Середньо-зважене</b>	<b>71,86</b>	<b>1136,95</b>	<b>175,10</b>	<b>2229,28</b>	<b>54,68</b>	<b>343,11</b>

Порівняльна характеристика у якісному та кількісному вигляді значень прогнозної вартості осушуваних земель за агрономіоративними умовами

їх використання на об'єкті, що досліджується, визначені на основі даних, поданих в табл. 27.1, представлені на рис. 27.2. та рис. 27.3.

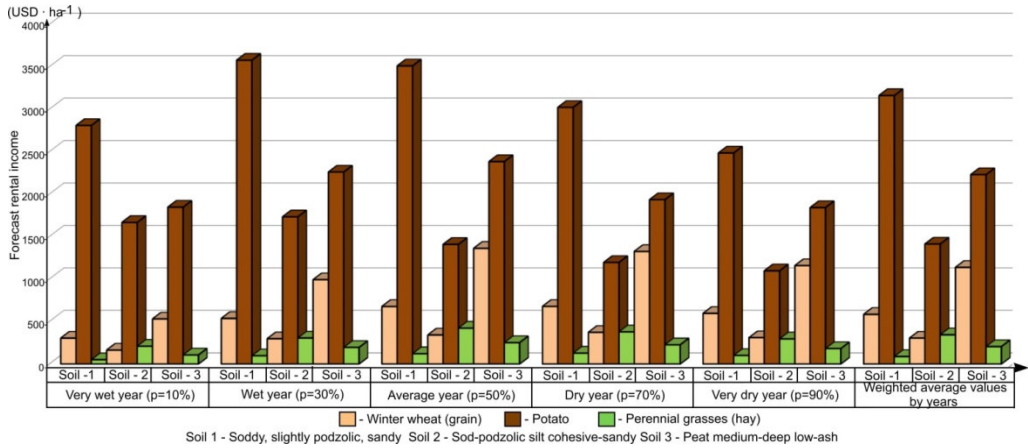


Рис. 27.2. Порівняльна характеристика значень прогнозної вартості осушуваних земель за агроеліоративними умовами їх використання на об'єкті, що досліджується

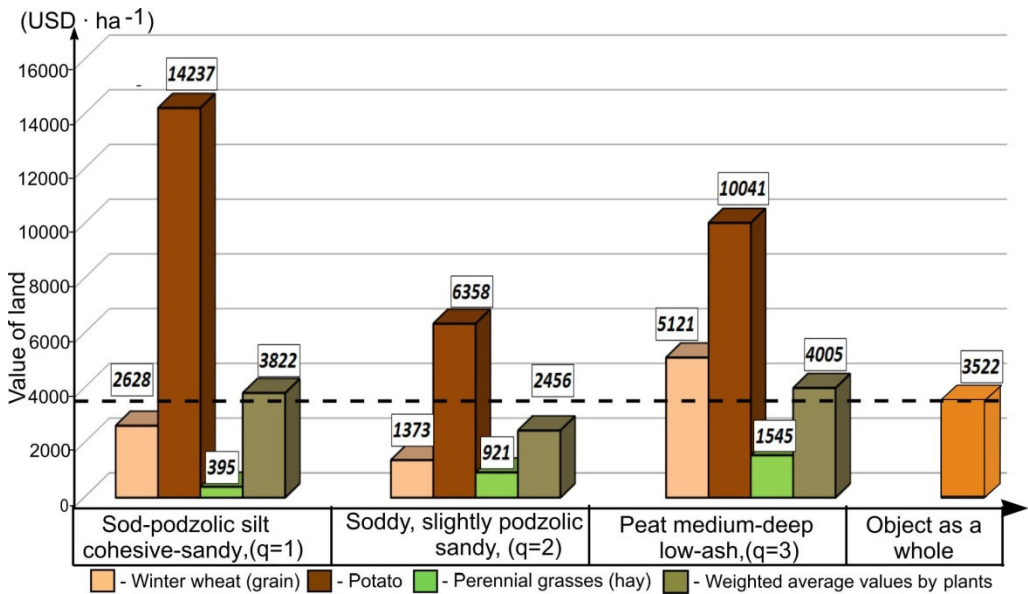


Рис. 27.3. Узагальнена порівняльна характеристика значень прогнозної вартості осушуваних земель за агроеліоративними умовами їх використання на об'єкті, що досліджується

Наведені дані переконливо свідчать про те, що має місце виражена диференціація вартості землі, яка є пропорційною похідною від диференціації врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур

залежно від умов їх вирощування. Розмах її варіювання у відносному вигляді щодо відношення різниці між максимальним та мінімальним значеннями до середньозваженої за об'єктом, що досліджується, величини складає для вирощуваних культур – 393%, а для наведених ґрунтів – 44,6%.

Таким чином, тільки в межах одного об'єкта прогнозна вартість землі за наявними ґрунтами та вирощуваними культурами змінюється від 2456 USD/га до 4005 USD/га, складаючи в середньому 3522 USD/га.

Зрозуміло, що не враховувати такий аспект при оцінці вартості землі – неможливо.

Крім того, раніше проведеними дослідженнями нами було встановлено, що на меліорованих осушуваних ґрунтах частка впливу кліматичного фактору на їх продуктивність сягає 80–90%, а меліоративного, залежно від технологій водорегулювання та умов тепло-та вологозабезпеченості періоду вегетації – від 5–10% при осушенні до 30–40% при зволоженні осушуваних земель у посушливі періоди [7; 8].

Зміни клімату, які вже мають місце сьогодні та очікуються в наближеній та віддаленій перспективі, а саме підвищення температурного режиму на 5–25% і зниження вологозабезпеченості території на 15–18% у Поліському регіоні України [11] будуть істотно впливати на ринкову вартість осушуваних земель. Вона може зменшуватись на 10–20%, якщо не проводити зволожувальні заходи, та збільшуватись на 40–60% і більше якщо замінити традиційні культури на більш продуктивні й рентабельні (овочеві, ягідники, фруктові тощо) та здійснювати їх регулярне зволоження впродовж періоду вегетації.

1. Запровадження повноцінного ринку землі в Україні та наявні зміни клімату визначають актуальність удосконалення наявних науково-методичних підходів до визначення вартості землі, в тому числі для сільськогосподарських угідь з регульованим водним режимом, зокрема в зоні Полісся України.

2. Експериментально визначено, що визначальними факторами формування ринкової вартості на землю виступає їх наявна або перспективна продуктивність, яка визначається множинними змінними умовами її використання: видом ґрунту, його ефективною та потенційною родючістю; погодно-кліматичними умовами місцезростащування; видом та сортом вирощуваних сільськогосподарських культур та агротехнікою; проведенням необхідних агроеліоративних та гідротехнічних заходів з регулювання водного, сольового та інших режимів ґрунтів тощо.

3. Отримані результати щодо визначення диференціації вартості осушуваних земель щодо змінних умов їхнього використання переконливо свідчить про необхідність перегляду існуючих нормативів з метою підвищення об'єктивності такої оцінки.

## Література до розділу

1. Аналітичний портал «Слово і Діло». Ринок землі: вартість гектара в країнах Європи та Північної Америки. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2019/11/13/infografika/ekonomika/rynok-zemli-vartist-hektara-krayinax-uevropy-ta-pivnichnoyi-ameryky> (дата звернення: 10.12.2023).
2. Інтернет видання «Час дій». Рівненський нардеп спрогнозував вартість гектару землі після скасування мораторію. URL: <https://chasdiy.org/news/rivnenskyi-nardep-sprohnozuvav-vartist-hektaru-zemli-pislia-skasuvannia-moratoriiu.html> (дата звернення: 10.12.2023).
3. Довідник показників нормативної грошової оцінки сільськогосподарських угідь в Україні. *Держгеокадастр України*. URL: <https://land.gov.ua/info/dovidnyk-pokaznykiv-normatyvnoi-hroshovoi-otsinky-zemel-naselenykh-punktiv-stanom-na-01-10-2019/> (дата звернення: 10.12.2023).
4. Про оцінку земель : Закон України. *Відомості Верховної Ради України* (ВВР). 2004. № 15. Ст. 229. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1378-15> (дата звернення: 10.12.2023).
5. Про затвердження Порядку нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення : наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 23 травня 2017 р. № 262. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0679-17> (дата звернення: 10.12.2023).
6. Про проведення загальнонаціональної (всеукраїнської) нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України : Постанова Кабінету Міністрів України від 7 лютого 2018 р. № 105. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/105-2018-p> (дата звернення: 10.12.2023).
7. Меліорація та облаштування Українського Полісся : колективна монографія / за ред. д.с.-г.н., професора, акад. НААН Я. М. Гадзала, д.т.н., професора, член-кор. НААН В. А. Сташука, д.т.н., професора А. М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1. 932 с.
8. Природообустройство Полесья : монографія : в 4 кн. / под. ред. Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, А. А. Волчека, О. П. Мешика, Е. Езнаха. Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2017. Кн. 2 : Украинское Полесье. Т. 1. 902 с. ISBN 978-5-00077-654-4
9. Reclamation projects development improvement technology considering optimization of drained lands water regulation based on BIM / Rokochinskiy A., Jeznach J., Volk P., Turcheniuk V., Frolenkova N. & Koptiuk R. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences*. 2019. Vol. 28 Issue 3(85). P. 432–443. doi: 10.22630/PNIKS.2019.28.3.40 URL:

[http://iks\\_pn.sggw.pl/PN85/A11/zeszyt85art11en.html](http://iks_pn.sggw.pl/PN85/A11/zeszyt85art11en.html) (дата звернення: 10.12.2023).

10. Павлов В. І., Фесіна Ю. Г., Заремба В. М., Мазурик С. М. Детермінація сільськогосподарських земель на ринку нерухомості : монографія. Луцьк : Надстир'я, 2006. 364 с.

11. Forecasted estimation of the efficiency of agricultural drainage on drained lands / Anatoliy Rokochinskiy, Pavlo Volk, Oleg Pinchuk, VasylTurcheniuk, Nadiia Frolenkova, IevgeniiGerasimov. *Journal of Water and Land Development*. 2019. Vol. 40, Issue 1. P. 149–153. DOI: <https://doi.org/10.2478/jwld-2019-0016>

URL: <https://content.sciendo.com/view/journals/jwld/40/1/article-p149.xml> (дата звернення: 10.12.2023).

12. Bagdonavicius Arvydas and Aleksiene Albina. Introducing a Computerised Market Value-Based Mass Appraisal System for Real Property Taxation in Lithuania. *FIG Working Week*. 2004. Athens, Greece, May 22–27, 2004. URL:

[https://www.fig.net/resources/proceedings/fig\\_proceedings/athens/papers/ts27/TS27\\_2\\_Bagdonavicius\\_Ramanauskas.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/athens/papers/ts27/TS27_2_Bagdonavicius_Ramanauskas.pdf) 5 (дата звернення: 10.12.2023).

13. Barvika S., Rausis A., Berzina I. Opportunities for the Development of the Latvian Property Tax Administration System through Improvements in the Property Registration System and the Implementation of European Union Requirements for Geospatial Information. *Proceedings REAL CORP 2013 Tagungsband 20–23 May 2013, Rome, Italy*. URL: [https://programm.corp.at/cdrom2013/papers2013/CORP2013\\_201.pdf](https://programm.corp.at/cdrom2013/papers2013/CORP2013_201.pdf) (дата звернення: 10.12.2023).



## 28. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ЗБИТКІВ ВІД ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ

Розв'язання будь-яких проблем щодо раціонального природокористування, у тому числі земель лісогосподарського призначення, потребує глибокого та всебічного вивчення. Водночас будь-які управлінські, організаційні рішення повинні ґрунтуватися на певних наукових прогнозах щодо наслідків проектного природокористування, розробках заходів, які запобігають впливу негативних факторів на довкілля та удосконаленні підходів при господарському плануванні з урахуванням екологічного фактора. Також для охорони земель лісогосподарського призначення необхідна потужна матеріально-технічна база з урахуванням сучасних досягнень техніки, зокрема, GNSS – технологій, які дозволяють здійснювати облік лісових масивів (площ) з досить високою точністю; широкомасштабне впровадження технологій безвідходного (маловідходного) виробництва; збільшення обсягів випуску синтетичних (штучних) замінників природним матеріалам [1; 2; 3; 17].

Разом з тим знищення значних лісових масивів, які регулюють кліматичні умови та водний режим величезних басейнів, як зазначають Г.І. Воробйов, К.Д. Мухамедшин, Л.М. Девяткін [4, С. 6], порушує встановлений мільйонами років екологічний баланс, що у свою чергу призводить до повсякчасних руйнівних паводків, селей, водних ерозійних процесів, пилових бурь, посух або заболоченості місцевості залежно від специфіки природно-кліматичних умов та характеру деревної рослинності. Водночас проблема лісових пожеж, численних еколого-економічних збитків, які вони спричиняють, останніми роками привертає до себе особливу увагу в контексті зростання впливу таких глобальних процесів, як зменшення світових запасів лісу, численні втрати біорізноманіття, глобальні зміни клімату та зміни у землекористуванні. Все це пов'язано з комплексністю й неоднозначністю впливу лісових пожеж на землі лісогосподарського призначення, навколишнє середовище та безпечні умови для життєдіяльності населення у населених пунктах (об'єднаних територіальних громадах), які розміщені поблизу лісових масивів [5; 17].

З метою економічної оцінки втрат природних ресурсів вчені І.В. Воронін, А.А. Сенкевич, В.А. Бугаєв розробили методіку визначення загальних збитків лісовому господарстві в наслідок лісових пожеж, яка передбачає наступні показники [6]:

- збитки від пошкодження вогнем насаджень;
- вартість робіт по збору пошкоджених дерев;
- втрати заготовленої деревини внаслідок пожежі;

- вартість згорівши або пошкоджених будівель та споруд;
- втрати сільськогосподарських культур, сіна та інше;
- витрати на гасіння пожежі;
- втрати від погіршення захисних та санітарногігієнічних властивостей лісових насаджень в результаті пожежі;
- втрати від побічного, другорядного використання лісу (збір соку, плодів, ягід, грибів тощо);
- збитки лісової промисловості в розмірі капіталовкладень за знищений запас деревини.

Збитки від пошкодження насаджень ( $V$ ) визначаються за формулою

$$V = B \times K - T, \quad (28.1)$$

де  $B$  – вартість згорівших насаджень у віці під рубки;  $T$  – вартість деревини, реалізованої після пожежі;  $K$  – коефіцієнт, який враховує економічні умови робіт по лісовідновленню після пожежі.

Водночас математичне моделювання дозволяє визначити загальний обсяг економічних збитків від лісових пожеж, на основі залежних факторів, детермінант, які визначені попередньо на основі кореляції.

Неконтрольоване розповсюдження вогню завдає не тільки економічно суттєвої шкоди, а й має страшні наслідки для екології. Вигорання великих площ лісу веде до радикальної зміни екосистем постраждалого регіону, що в підсумку може призвести до непередбачуваного результату. Отже, до негативних показників ведення лісового господарства відносяться (табл. 28.1) [10–17]: – кількість лісових пожеж, одиниць; – площа лісових земель, пройдена пожежами, га; – збитки, заподіяні лісовими пожежами, тис. грн; – згоріло та пошкоджено лісу на пні, м<sup>3</sup>.

Варто зазначити, що показники наслідків лісових пожеж математично не корелюють з втратами деревного покриву в Україні, які визначені за даними ДЗЗ (Forest Global Watch) (табл. 28.2). Методологія отримання даних щодо втрат лісового покриву за допомогою ДЗЗ Global Forest Watch описана колективом науковців Hansen M. C., Potapov P. V., Moore R., Hancher M. et al. [8]. Водночас, набір даних Global Forest Watch про втрату деревного покриття погоджений з низкою інституцій, зокрема, Університетом штату Меріленд, Google, USGS і NASA, а також цей ресурс використовує супутникові знімки Landsat для відображення втрат щорічного покриття дерева із роздільною здатністю 30 × 30 метрів [8; 17].

За результатами аналітичних розрахунків, збитки заподіяні лісовими пожежами, що впродовж 2001–2017 рр. становили 506,877 млн грн, головним чином залежать від площі лісових земель, пройденої пожежами ( $R = 0,632$ ) та обсягом згорілого та пошкодженого лісу на пні ( $R = 0,956$ ).

З діаграми (рис. 28.1) видно, що 2007 рік відзначився наймасштабнішою екологічною «катастрофою», яка пов'язана із лісовими пожежами, зокрема, у Херсонській області. В результаті якої було ліквідовано лісову пожежу на площі близько 4 тис. га [17].

Таблиця 28.1

Показники наслідків лісових пожеж в Україні

Рік	Наслідки лісових пожеж			
	Кількість лісових пожеж, одиниць	Площа лісових земель, пройдена пожежами, га	Згоріло та пошкоджено лісу на пні, м <sup>3</sup>	Збитки, заподіяні лісовими пожежами, тис. грн
2017	3131	5939,00	149775,00	45877,60
2016	1249	1249,00	32559,00	8619,20
2015	3813	14691,00	170686,00	20164,50
2014	2003	13778,00	144694,00	51701,80
2013	1113	418,00	2496,00	1376,20
2012	2163	3479,00	289291,00	56062,70
2011	2526	1049,00	11804,00	3215,90
2010	3240	3668,00	343840,00	26728,40
2009	7036	6315,00	223764,00	24686,40
2008	4042	5529,00	395257,00	58750,30
2007	6100	13787,00	1304271,00	188412,20
2006	3842	4287,00	53119,00	5917,60
2005	4223	2325,00	32101,00	3535,00
2004	1876	595,00	1944,00	428,70
2003	4527	2817,00	19720,00	1817,50
2002	6383	4983,00	59206,00	3378,90
2001	3205	3772,00	139604,00	6204,30

Таблиця 28.2

Кореляція наслідків лісових пожеж та втрати деревного покриву в Україні

	Втрата деревного покриву в Україні за даними ДЗЗ (Forest Global Watch), тис. га	Показники наслідків лісових пожеж
Коефіцієнти кореляції	-0,325	Кількість лісових пожеж, одиниць
	-0,002	Площа лісових земель, пройдена пожежами, га
	0,162	Згоріло та пошкоджено лісу на пні, м <sup>3</sup>
	0,259	Збитки, заподіяні лісовими пожежами, тис. грн

Примітка: Власні розрахунки відповідно до [7; 9].

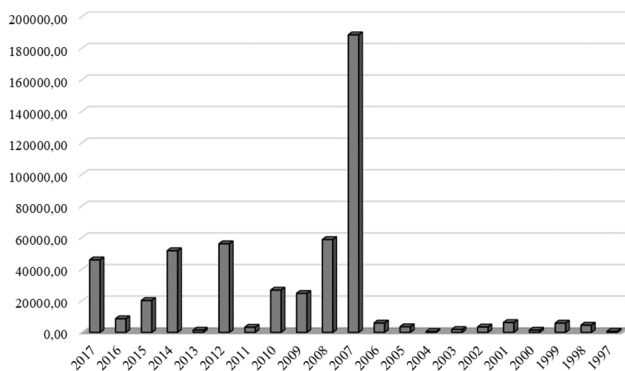


Рис. 28.1. Діаграма динаміки збитків заподіяні лісовими пожежами, тис. грн (власні розрахунки відповідно до Державної статистичної служби України)

З метою оперативної оцінки економічних втрат, заподіяних внаслідок лісових пожеж, нами була запропонована регресійна модель, адекватність якої підтверджується критерієм Фішера – 107,659 та коефіцієнтом детермінації  $R^2 = 0,923$  (формула 28.2) (рис. 28.2)

$$Y = -4171,26 + 1,12 \times X_1 + 0,13 \times X_2, \quad (28.2)$$

де  $Y$  – збитки, заподіяні лісовими пожежами, тис. грн;  $X_1$  – площа лісових земель, пройдена пожежами, га;  $X_2$  – обсяг лісу, який згорів та пошкоджений на пні, м<sup>3</sup>.



Рис. 28.2. Відображення адекватності розробленої на основі регресії математичної моделі визначення збитків, заподіяних лісовими пожежами, тис. грн (власні розрахунки)

З огляду на існуючу динаміку та циклічність негативних наслідків лісових пожеж нами було спрогнозовано площу лісових земель, пройдену

лісовими пожежами, обсяг згорілого (пошкодженого) лісу на пні, та збитки, заподіяні лісовими пожежами до 2030 року.

За отриманими розрахунками нами було встановлено, що за період 2019–2030 рр. в Україні загальна прогнозна площа лісових земель, пройдена пожежами, становитиме 49,991 тис. га, загальний обсяг згорілого та пошкодженого лісу на пні – 4,086 млн м<sup>3</sup>, збитки, заподіяні лісовим пожежам, – 906,211 млн грн або 1,817 млрд грн (враховуючи індекс споживчих цін на 2020 р.).

Отже, для зменшення обсягів екологічних, економічних втрат від наслідків лісових пожеж у майбутньому необхідно здійснювати ефективні управлінські, організаційні заходи для забезпечення земель лісогосподарського призначення від таких негативних явищ.

За результатами дослідження були розраховані прогнозні показники економічних втрат від лісових пожеж, враховуючи існуючу динаміку цих негативних явищ. Запропонована математична модель дозволить розрахувати економічні збитки від лісових пожеж з метою їх відшкодування.

### *Література до розділу*

1. Опенько І. А. Еколого-економічна продуктивність використання земель лісогосподарського призначення в Україні. *Агросвіт*. 2019. № 13–14. С. 44–52. URL: [http://www.agrosvit.info/pdf/13-14\\_2019/8.pdf](http://www.agrosvit.info/pdf/13-14_2019/8.pdf) (дата звернення: 10.12.2023).
2. Опенько І.А. Кореляційний аналіз впливу існуючої системи державного управління на використання земель лісогосподарського призначення в Україні. *Економіка та держава*. 2019. № 7. С. 55–62.
3. Генсирук С. А. Рациональное природопользование, Москва : Лесная промышленность, 1979.
4. Воробьев Х. Ю., Мухамедшин К. Д., Девяткин Л. М. Лесное хозяйство мира. М. : Лесная промышленность, 1984.
5. Зібцев С. В., Борсук О. А. Охорона лісів від пожеж у світі та в Україні – виклики ХХІ сторіччя та перспективи розвитку. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2012 Вип. 1. URL: <http://journals.pubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view/9630> (дата звернення: 02.03.2024)
6. Воронин И. В., Сенкевич А. А., Бугаев В. А. Экономическая эффективность в лесохозяйственном и лесомелиоративном производствах. М. : Лесная промышленность, 1975. 176 с.
7. Основні показники ведення лісогосподарської діяльності (1990–2017) *Державна служба статистики України*. 2018. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2014/sg/lis/lis\\_u/lgd2016\\_u.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2014/sg/lis/lis_u/lgd2016_u.htm) (дата звернення: 10.12.2023).

8. High-Resolution Global Maps of 21st Century Forest Cover Change / Hansen M. C., Potapov P. V., Moore R., Hancher M. et al. *American Association for the Advancement of Science*. 2013. Vol. 342, 6160. P. 850–853. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
9. Tree Cover Loss. *Global Forest Watch*. 201). URL: [www.globalforestwatch.org](http://www.globalforestwatch.org) (accessed: 02.03.2021).
10. Ievsiukov, T., Openko, I. (2014). An Inventory Database, Evaluation and Monitoring of Especially Valuable Lands at Regional Level in Ukraine. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 120. P. 513–523. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.02.131.
11. Accuracy of geodetic surveys in cadastral registration of real estate: value of land as determining factor / Martyn A., Openko I., Ievsiukov T., Shevchenko O., Ripenko A. *18th International Scientific Conference. Engineering for Rural Development, 22-24.05.2019 Jelgava, LATVIA*. 2019. P. 1818–1825. DOI:10.22616/ERDev2019.18.N236
12. Geoinformation modelling of forest shelterbelts effect on pecuniary valuation of adjacent farmlands / Openko I., Shevchenko O., Zhuk O., Kryvoviaz Ye., Tykhenko R. *International Journal of Green Economics*. 2017. Vol. 11, Issue 2. P. 139–153.
13. Economic analysis of deforestation impact on the yield of agricultural cultures in Ukraine / Openko I., Shevchenko O., Tykhenko R., Tsvyakh O., Stepchuk Ya. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2019. Vol. 19, Issue 4. P. 233–237.
14. Assessment of inequality to forest resources access in the context of sustainable rural development / Openko I., Shevchenko O., Tykhenko R., Tsvyakh O., Moroz Yu. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2020. Vol. 20, Issue 1. P. 405–410.
15. Recovery of losses for inappropriate use of land / Kryvoviaz E., Openko I., Tykhenko R., Shevchenko O., Tykhenko O., Tsvyakh O., Chumachenko O. *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering*. 2020. Vol. IX. P. 175–182. URL: <http://landreclamationjournal.usamv.ro/pdf/2020/Art26.pdf> (дата звернення: 02.03.2021).
16. Mathematical Modelling of Postindustrial Land Use Value in the Big Cities in Ukraine / Openko I., Kostyuchenko Y., Tykhenko R., Shevchenko O., Tsvyakh O., Ievsiukov T., Deineha M. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*. 2020. Vol. 5, № 2. P. 260–271. DOI: 10.33889/IJMEMS.2020.5.2.021
17. Openko I., Tsvyakh O. Regression Analysis of Economic Consequences of Forest Fire in Ukraine. *Modern Economics*. 2019. № 16. P. 127–134. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V16\(2019\)-19](https://doi.org/10.31521/modecon.V16(2019)-19).

## **29. ВСТАНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО ДОПУСТИМОГО ОБ'ЄМУ ВІДБОРУ ВОДИ З РІЧОК ПРИП'ЯТСЬКОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ ЯК ОСНОВА ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ВОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ**

### **29.1. Актуальність та вивчення питання**

Актуальність питання зумовлена широкомасштабним перетворенням природних екосистем, залученням значних обсягів водних ресурсів у господарський обіг, їх забрудненням, змінами умов функціонування ландшафтів, які призвели до порушення природної рівноваги, зниження якості води та втрати її самовідновної і самоочисної здатності. Зменшення водності насамперед позначається на малих та середніх річках. Посилення антропогенного пресу призвело до виникнення несприятливої ситуації у гідрологічному режимі, санітарному стані, ґрунтовому покриві та ландшафтній структурі басейнів малих річок практично в усіх регіонах держави. Сучасний рівень антропогенного навантаження на водні екосистеми, водозатратна технологія використання водних ресурсів з безповоротними відборами води без врахування екологічних вимог призвела до суттєвих змін на більшості водних об'єктів України. А враховуючи умови сьогодення: воєнні дії на території України, зміну клімату та інші аспекти дефіциту водних ресурсів [1] – потреба у воді буде тільки зростати. Так, за твердженнями В.К. Хільчевського та Boretta A., Rosa L. [2; 3] дефіцит води збільшується разом зі зміною клімату. За оцінками, до 2050 р. 57% населення світу відчуватиме дефіцит води як мінімум один місяць на рік.

За таких обставин виникає нагальна потреба розробити і ввести обмеження на відбори поверхневого стоку. При цьому ступінь і характер регулювання річкового стоку і нормування екологічно допустимого його відбору повинні бути взаємно узгоджені. На сьогодні єдиних методичних підходів до визначення екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок не існує. Тому дослідження з даного питання є важливими та актуальними.

Для встановлення екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок необхідно знати екологічно допустимі мінімальні витрати води. А відсутність екологічних нормативів для визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води в річках створює великі труднощі в проєктній, водогосподарській та водоохоронній практиці. Значна частина публікацій, серед яких і зарубіжні, базується в основному на власному баченні окремих аспектів проблеми, які не доведені до логічного завершення. Тому на сьогодні немає не тільки методичних основ

розрахунку зазначених витрат і відповідних об'ємів води, а й відсутнє навіть єдине їх визначення. Їх називають мінімально необхідними, мінімально непорушеними, обов'язковими, лімітуючими, санітарними, природоохоронними тощо. В якості критеріїв виступають економічні, гідрологічні, гідробіологічні та інші фактори.

Комплексно вивченість даного питання автором розглядалося у працях [1, 7–10]. Розглянемо окремі публікації з цього питання. Норма використання та регулювання стоку річок згідно з Водним кодексом України [4] обумовлена лише загальним комплексом заходів щодо збереження водності річок і охорони їх від забруднення. З метою збереження гідрологічного, гідробіологічного та санітарного стану річок забороняється споруджувати в їх басейні водосховища і ставки загальним обсягом, що перевищує обсяг стоку даної річки в розрахунковий маловодний рік, який спостерігається один раз у двадцять років.

Згідно з методичними рекомендаціями щодо збереження водності малих річок України [5] санітарна витрата в річці визначається загальною витратою води на потреби нижче розміщених користувачів і мінімальною витратою, яка спостерігається в річці в меженний (літній) період у природному стані річки до її зарегульованості. Таке визначення санітарних витрат води нічим не обґрунтовано і може призвести при їх дотриманні до незворотних змін в екосистемах. Це розуміють і провідні фахівці проектних і водогосподарських установ, про що свідчать неодноразові спроби в останні роки обґрунтувати і розробити методичну основу визначення природоохоронних витрат води.

У Керівництві з проектування заходів щодо покращення екологічного стану малих річок України [6] відносно екологічного водоохоронного стоку сказано, що такий стік повинен забезпечувати дотримання самоочисної здатності водотоку, не замулення і не заростання русла, обводнення прируслових територій, задоволення потреб водокористувачів за об'ємом і якістю води, а також задовольняти потреби, які пред'являють природоохоронні організації як до самої річки, так і до водоприймача. Мінімальна екологічна витрата враховується як водокористувач без вилучення води з джерел. Багато з цих положень правильні, деякі не розкриті і на наш погляд хибні, а саме головне: в «Керівництві» відсутня розрахункова основа, без якої все вищесказане можна віднести до переліку чинників, які обумовлюють екологічний стік [7]. Проаналізовано існуючі підходи до визначення екологічно допустимих, природоохоронних, санітарних тощо витрат води в річках, які ґрунтуються на вітчизняному, європейському та світовому досвіді, різних методичних підходах. Вагомий внесок у даному напрямі зробили: Й.В. Гриб, В.І. Мокляк, О.Г. Ободовський, А.В. Огієвський, О.П. Оксіюк,



В.В. Поліщук, В.М. Тімченко, М.В. Цепенда, А.В. Яцик (Україна), А.К. Вайшнорас, Б.В. Гайлюшис, П.Д. Гатило, Ф.Ф. Кефалі, А.Ф. Печкуров, В.П. Рогунович, Б.В. Фащевський, І.М. Філіпович (Білорусь), М.В. Лаликін (Молдова), Х.А. Вельнер, Б.Г. Казарян, А.Г. Каск, Т.Б. Маллінт (Естонія), А.Тушко (Польща) та інші вчені.

## 29.2. Вибір методичного підходу

Вибір методичного підходу викладено в методиці [7]. Під поняттям *екологічно допустимі витрати води (ЕДВ)* необхідно розуміти такі витрати води, які повинні зберігатися в річці при будь-яких видах господарської діяльності і забезпечувати процеси руслоформування, стік завислих і рухомих наносів, відтворення біологічних ресурсів, задовільний санітарний стан і самоочищення річки. Це підтверджує і О.Г. Ободовський [11], а саме, що екологічно допустимі витрати води – це витрати, які відповідають при проходженні водопілля і високих паводків руслоформуючим витратам води і визначають основний стік завислих і донних наносів, а в меженний період – витратам з незамулюючими швидкостями, за яких спостерігається тільки стік завислих наносів.

А під поняттям *екологічно допустимі мінімальні витрати води (ЕДМВ)* необхідно розуміти нижню межу витрат води, яка визначає умови існування організмів, тобто є лімітуючим чинником функціонування річкової системи. І на основі них встановлюють екологічно допустимі об'єми відбору води з річок. Під поняттям *екологічно допустимі об'єми відбору води з річок* необхідно розуміти об'єми, які обмежуються екологічно допустимими мінімальними витратами води.

При оцінці екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок необхідно виходити з основної умови – збереження екологічно безпечного стану водної екосистеми, коли зміни структурно-функціональної організації екосистеми не підривають здатність природних комплексів до саморегуляції, самоочищення і самовідновлення.

Збереження сталого функціонування річкової екосистеми при зростаючому рівні антропогенного втручання залежить від пошуку і встановлення лімітуючих факторів і розрахункових критеріїв, які обумовлюють обмеження такого втручання. Тому гідрологічні розрахунки виконуються для умов природного режиму стоку, найменше порушеного господарською діяльністю людини.

Визначення екологічно допустимих витрат води виконуються за розробленою методикою [7] для конкретної річки і конкретного створу.

У методику, відповідно до визначених ключових процесів в екосистемах річок, введено дві моделі розрахунків, які доповнюють одна одну. Перша з них, еколого-гідрологічна, визначає екологічно допустимі мінімальні витрати в річках, за якими не підривається здатність річкових екосистем до самовідновлення.

Кожній фазі гідрологічного режиму притаманні відповідні екологічно допустимі мінімальні витрати води. Тому фази гідрологічного режиму розбиті на місяці (періоди).

Друга модель розрахунків за показниками якості води, що залежать від перебігу процесів продукції і деструкції, визначає мінімальні витрати води, дотримання яких при відборах стоку до їх рівня не погіршує здатності екосистеми до самоочищення води. Розрахунковими періодами для цієї моделі є літня і зимова межени.

Верхньою межею екологічно допустимих витрат води в річці є стік середнього за водністю року.

Нижня межа визначається критеріями, які лімітують існування річки як елемента ландшафту.

Для збереження річкової екосистеми всієї річки визначені в розрахунковому створі екологічно допустимі мінімальні витрати води узгоджують з відповідними величинами по довжині водного потоку, що вимагає проведення розрахунків по ряду створів на річці.

За значенням величини екологічно допустимих мінімальних витрат води з урахуванням часу їх проходження визначають об'єм екологічно допустимого стоку, який необхідно резервувати в річці для збереження функціонування річкової системи при будь-яких видах господарської діяльності.

Різниця між величинами об'ємів природного стоку (середньо багаторічного) різної водності і екологічно допустимого становить «вільний» стік, який можна відібрати з річки на різні господарські потреби. При цьому враховують уже існуючі об'єми водоспоживання.

Узгодження вимог забезпечення водою господарських потреб при дотриманні в річці екологічно допустимих мінімальних витрат води з'ясовується балансовими розрахунками.

В цьому розділі розглянуто еколого-гідрологічну модель.

Аналіз функціонування річкових екосистем в природних умовах показав, що річки це складні динамічні біокосні системи, яким притаманні циклічність фаз водного режиму, біопродуктивність, присутність постійного зв'язку з біоценозами суші і внутрішньо водного трофічного ланцюга.

На підставі цього положення до основних факторів, які лімітують здатність екосистеми річок до самовідновлення, віднесено [7]:

- можливість руслоформування під час повеней і пересування ґрунту по дну в меженний період;
- затоплення заплав весною, яке забезпечує міграцію риби на нерест, вологонакопичення ґрунтів прируслової території і гніздування водоплавної птиці;
- створення сприятливого водного режиму для незамулення і незаростання водотоку;
- створення сприятливого водного режиму для розвитку цінних для екосистеми видів гідробіоценозу та забезпечення кормової бази гідробіонтів.

Головними факторами, які обумовлюють в екосистемі самоочисну її здатність, є режим розчиненого у воді кисню і баланс процесів продукції і деструкції органічної речовини. Кисневий режим водостоку визначає безпечні умови життєдіяльності біоти і рівень окислювально-відновлювальних процесів, а баланс процесів продукції і деструкції виступає підсумковим інтегральним показником стану екосистеми.

Інші компоненти якості води в даній методиці та роботі не використовуються.

**29.2.1. Основні фактори, які лімітують екологічно допустимі мінімальні витрати води.** Аналіз факторів, які обумовлюють збереження сталого функціонування річкових екосистем, показали, що задача визначення екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок є багатокритеріальною.

Із всіх факторів водного режиму, які лімітують функціонування водної річкової системи, головними є:

1. Рівні і витрати води у весняну повінь, які забезпечують стік завислих і рухомих речовин, затоплення заплав шаром необхідним для волого накопичення ґрунтів прируслової території, міграції риби на нерест і відновлення кормів для всіх видів гідробіонтів.

2. Рівномірний спад води в період нересту риби, нагулу малька, гніздуванню і популяції водоплавних птахів і тварин, які мешкають біля води.

Деякі дослідники [12; 13] підтверджують думку, що водний режим весняних повеней середньої висоти найбільш сприятливий для функціонування річкових екосистем в умовах близьких до природних.

Із лімітуючих факторів руслового процесу вагоме значення мають також:

1. Руслоформуючі витрати води (в межах русла), проходження яких забезпечує найбільш високу транспортуючу здатність річкового потоку, під час яких здійснюється активний процес руслоформування і перенесення твердого матеріалу (завислих і рухомих речовин).

2. Зокрема, О.Г. Ободовський у роботі [14] відмічає, що питома вага руслоформуючих витрат у межах русла (кінематична енергія потоку) вища, ніж при проходженні руслоформуючих витрат води під час виходу води на заплаву у період високих водопіль.

3. Незамулюючі середні швидкості течії річкового потоку  $\bar{V}_{нз}$ , підтримання яких забезпечує рухомість донних наносів. Величини  $\bar{V}_{нз}$  визначають по розрахунковому діаметру руслоформуючих наносів, середній глибині і похилу річки, за середньою швидкістю течії, живому перерізу річки.

**29.2.2. Вибір критеріїв і параметрів визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води.** Із розглянутих факторів у попередньому підрозділі 1.2.1, які лімітують мінімально допустимі витрати води з екологічних позицій, можуть бути визначені критерії екологічно допустимих витрат води в різні фази водного режиму.

Вибір критеріїв екологічно безпечного відбору стоку з річок здійснений згідно зі встановленими факторами і загальної концепції, за якою річки розглядаються як водні екосистеми, складені з абіотичних та біотичних компонентів.

Основними критеріями при цьому визначені:

- гідрологічні;
- екологічні;
- санітарно-гігієнічні;
- водогосподарські та інші.

До головних критеріїв, які потребують розрахункових оцінок, віднесено:

- гідрологічні, у тому числі ті, що забезпечують самовідновлення річкової екосистеми;
- екологічні, зокрема ті, що визначають параметри процесів природного самоочищення і стану біоти в екосистемі.

Ключовими процесами, параметри яких мають визначити екологічно допустимий рівень відбору стоку з річки (екологічно допустимі мінімальні витрати води), визнано:

- з абіотичних – процеси руслоформування і створення сприятливого гідрологічного режиму для річкових екосистем;
- з біотичних – процеси первинної продукції і деструкції органічної речовини (не розглядаються у роботі).

Еколого-гідрологічна модель розрахунків екологічно допустимих мінімальних витрат води у річках і об'єму відбору стоку з них побудована за екосистемним принципом.

Показниками, за якими у еколого-гідрологічній моделі оцінюються [7] процеси руслоформування і формування сприятливого гідрологічного

режиму, що лімітують величини відбору води з річок у різні фази водного режиму, визначено такі:

- рівні і витрати води у весняну повінь, дотримання яких забезпечує у річках переміщення донних і завислих наносів та можливість руслоформування, затоплення заплав і вологонакопичення ґрунтів прируслової території для забезпечення росту лучних трав, міграції риби на нерест та відновленню кормів для всіх видів гідробіонтів;

- режим швидкості течії руслового потоку на початку вегетації макрофітів, розвитку фіто- і зоопланктону, який сприяє створенню оптимальних умов формування гідробіоценозів та пригнічує розвиток синьо-зелених водоростей;

- критичні незамулюючі середні швидкості течії руслового потоку, дотримання яких забезпечує рухомість ґрунту по дну;

- критичні середні швидкості течії руслового потоку в період інтенсивного розвитку макрофітів, величини яких перешкоджають заростанню водного дзеркала.

Перші два критерії визначають екологічно допустимі мінімальні втрати води в екстремальний період повені, коли створюються умови для затоплення заплав і транспортування наносів.

Останні два показники є нормованими для всіх категорій водних об'єктів України та всіх видів стічних вод.

Розрахунковими періодами для оцінки екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок за еколого-гідрологічними критеріями прийнято всі фази водного режиму року.

Для розрахунку визначення екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок було сформовано блок вихідних даних та здійснено вибір об'єктів досліджень з їхньою характеристикою у підрозділі 29.3.

### **29.3. Методика визначення екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок. Формування блоку вихідних даних**

Визначення екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок представлено в методиці [7]. Для цього виконано наступні роботи: вивчено фізико-географічні умови басейнів річок, основні гідрографічні характеристики та особливості формування стоку річок, детальний опис гідрологічних постів басейну Прип'ятського Полісся України; визначено послідовність виконання робіт (вибір об'єктів дослідження, гідрологічних постів, років дослідження); встановлено розрахунково-критеріальна основа та розрахункові залежності.

Для цього використано дані стаціонарних спостережень:

- 1) відомості про вихід води на заплаву в розрахункових створах;

- 2) гідравлічні характеристики водного потоку);
- 3) руслоформуючі витрати води;
- 4) максимально використані багаторічні дані спостережень за водним режимом річок (опубліковані в матеріалах Державного водного кадастру).

Відносно вибору розрахункових створів основними вимогами були:

- відсутність деформації русла і перемінних ухилів;
- наявність прямолінійного русла без різких змін морфометричних характеристик і по можливості з однорідною підстилаючою поверхнею;
- віддаленість створів від мостів та гідротехнічних споруд.

Під час виконання гідрологічних досліджень проводився детальний опис річища та гідрологічного посту, визначалися витрата води та швидкість течії руслового потоку за багаторічними даними вимірювань стаціонарних пунктів спостережень за водними режимом в архіві Центральної геофізичної обсерваторії Гідрометслужби України та матеріалами Державного водного кадастру.

Для дослідження вибрано такі річки та відповідні їм гідрологічні пости, які діяли протягом досліджуваного періоду і належать до басейну Прип'ятського Полісся.

Під час вибору об'єктів дослідження, гідрологічних постів враховували період дослідження, зорієнтований на природний статус річок, властивий їм за умов відсутності чи незначного впливу людської діяльності, тобто найбільш наближеним до природного екологічного стану.

Як показують дослідження Д.В. Закревського [15], у 1970–1980-ті роки в Українському Поліссі антропогенний вплив на річки зростає зі збільшенням осушуваних площ та освоєних боліт на водозборах цих річок.

Оскільки найбільший антропогенний вплив діяльності людини в зоні Полісся – це осушення земель, агролісомеліоративні заходи, штучні водойми, промислово-побутове водоспоживання, то внаслідок такого втручання збільшуються мінімальні витрати води і стік меженного періоду, і лише в окремих випадках він понижується. За даними регіональних офісів водних ресурсів України з 1992 року площі меліоративних систем не збільшуються, а їхній технологічний стан погіршується.

Також, як відмічає А.В. Яцик [16], меженний і мінімальний місячний стік річок Прип'ятського Полісся України дещо збільшився, внаслідок чого внутрішньорічний розподіл стоку з меліорованих водозборів став рівномірнішим. На сьогодні існуючі меліоративні системи недосконалі, часто технологічно не керовані в частині оптимізації водного режиму осушених земель і можливого негативного впливу на навколишнє середовище.

За таких умов за розрахункові періоди дослідження прийнято наступні: 1945–1974 рр. і 1994–2004 рр. У період з 2005–2020 рр. у водності річок басейну Прип'ятського Полісся спостерігається підвищення середньомісячних і мінімальних витрат води [18; 19].

При виборі гідрологічних ділянок керувались наявністю таких ознак, як наявність сформованого русла з постійним стоком, відсутність приток, стік яких близький до стоку досліджуваної річки та наявність стаціонарного водомірного пункту.

Тому для більш детального дослідження прояву факторів формування річного стоку та узагальнення характеристик внутрішньорічного розподілу стоку на річках, виконано районування досліджуваної території за типами внутрішньорічного розподілу стоку малих річок у гідрологічні райони [17; 18] (рис. 29.1).

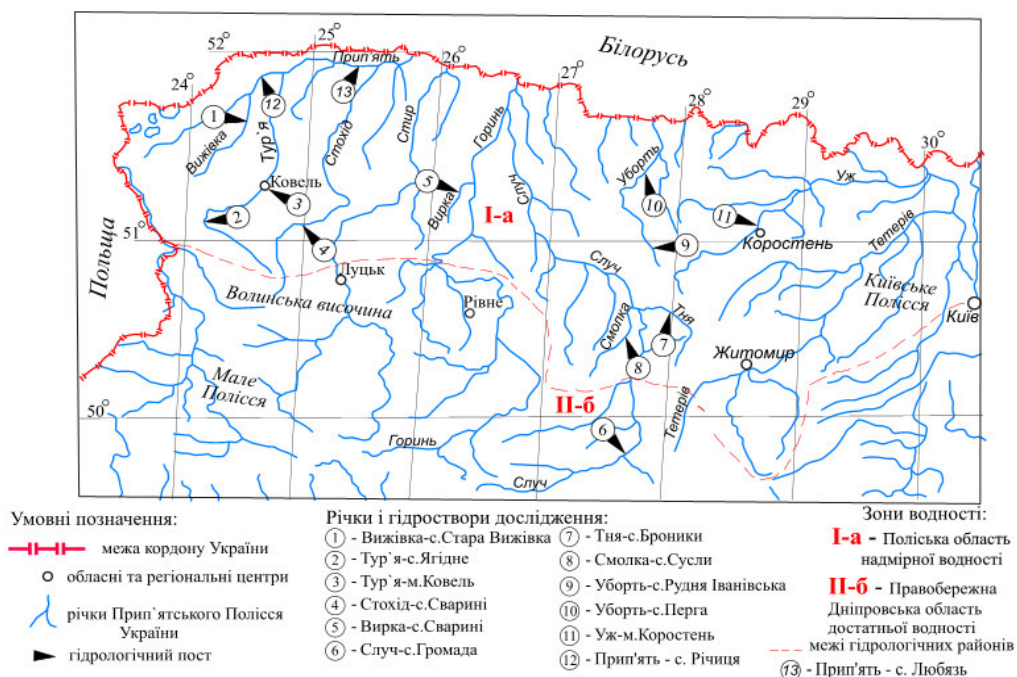


Рис. 29.1. Гідрологічне районування річок Прип'ятського Полісся України

Досліджувані водні об'єкти протікають в зоні Прип'ятського Полісся України, для якої характерні: достатнє та надлишкове зволоження території басейну річки, максимальне забезпечення річкового стоку під час повені, більший мінімальний стік у літньо-осінню межень. Внаслідок того, що гідропости розміщені у верхів'ях річок, то стік перебуває в природному стані. Територіальні особливості водності річок

більшою мірою визначаються гідрологічними, геоморфологічними геоботанічними та господарськими умовами.

Районування досліджуваної території проведено за типами внутрішньо річного розподілу стоку малих річок, за гідрологічними районами: Західно-Поліський (рр. Вижівка, Турія, Стохід, Вирка), Східно-Поліський (рр. Уборть, Уж), Волинський (рр. Смолка, Тня, Тетерів, Случ).

Основними розрахунковими залежностями в еколого-гідрологічній моделі обрано  $Q = f(H)$  і  $Q = f(\bar{V})$ , де  $Q$ ,  $H$  і  $\bar{V}$  відповідно витрати води, рівні води і середні швидкості течії руслового потоку в заданому створі.

Встановлено відповідно до визначених еколого-гідрологічних показників, за якими створюються умови для збереження сталого функціонування річкових екосистем: рівень виходу води на заплаву в період повені і її відповідна витрата води; руслоформуюча витрата води (в межах русла), що зумовлює промивання русла і можливість руслоформування; швидкісний режим водного потоку, за яким передбачається наявність у річці критичних швидкостей течії, при яких русло не замулюється ( $V_{нз} = 0,1-0,25$  м/с), не заростає ( $V_{зар} = 0,3$  м/с) і при яких створюються найбільш сприятливі умови для формування цінних для екосистеми видів гідробіоценозів ( $V_{ц} = 0,5-0,6$  м/с).

Розрахунки екологічно допустимих мінімальних витрат води виконуються за кожний місяць окремо. За розрахунковий період можна приймати фази водного режиму, а при недостатній кількості вихідних даних розрахунки виконуються по сезонах року за «Методикою» [7]. Розрахункові періоди обґрунтовано ґрунтовим режимом річок в типових по внутрішньорічному розподілу стоку гідрологічних районах на території України. Враховані дані про внутрішньорічний розподіл стоку, дають змогу розраховувати кількість води, яку можна вилучити з річки для різних водогосподарських потреб, не вдаючись до регулювання стоку.

**29.3.1. Критеріальна основа визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води з річок.** Розрахунковими критеріями згідно з визначеними еколого-гідрологічними показниками, за якими створюються умови для збереження сталого функціонування річкових екосистем, є:

1. Рівень виходу води на заплаву в період повені і відповідна витрата води ( $H_3$  і  $Q_3$ ), при значенні якої відбувається затоплення заплави шаром, необхідним для міграції риби на нерест і вологонакопичення ґрунтів прируслової території для забезпечення росту лучних трав; міграції риби на нерест та відновленню кормів для всіх видів гідробіонтів.

2. Руслоформуюча витрата води (у межах русла), проходження якої збільшує транспортуючу здатність водного потоку, що зумовлює промивання русла і можливість руслоформування [22; 14].



3. Швидкісний режим водного потоку, за яким передбачається наявність у річці критичних швидкостей течії, за значенням яких русло не замулюється ( $V_{нз}=0,1-0,25$  м/с), не заростає ( $V_{зар}=0,3$  м/с) і при яких створюються найбільш сприятливі умови для формування цінних для екосистеми видів гідробіоценозів ( $V_{ц}=0,5-0,6$  м/с) [7].

Перші два критерії визначають екологічно допустимі витрати води в екстремальний період повені, коли створюються умови для затоплення заплав і транспортування наносів.

Зазначимо, що компоненти екосистем в басейнах річок визначаються залежно від екологічно значимих елементів гідрологічного режиму, які характеризують стан цих водних систем. Так, для водотоків екологічно значимий елемент гідрологічного режиму – швидкість води в потоці, для гирлових ділянок річок – витрата води.

Для русел річок визначаються швидкості у водному потоці для характерних створів, які відповідають критичним значенням, при чому враховується транспортуюча здатність річкового потоку, наявність руслових нерестилищ, санітарні витрати води та інші показники. Критичні значення швидкості води в потоці визначаються для кожного сезону (або в найбільш екологічно значимі періоди). За допомогою залежності, розрахованої за даними спостереження в кожному гідростворі, визначаються витрати води, які відповідають критичним значенням швидкості води в потоці.

Необхідно зауважити, що при збільшенні витрати і швидкості течії зростає транспортуюча здатність потоку і шорсткість русла, які не сприяють замуленню річки, і навпаки. Це характерно для річок, які розміщені на УКЩ – Тня, Смолка, Случ, Уборть, Уж. При детальному аналізі описів гідрологічних постів та матеріалами спостереження за водним режимом річок за архівними даними Центральної геофізичної обсерваторії Гідрометслужби України, матеріалами Державного водного кадастру встановлено площу поперечного перерізу русла річки у різні фази водного режиму. Дно річища для річок Вижівка, Турія, Прип'ять, Стохід, Вирка, Случ – піщане, піщано-мулисте, а для Тні, Смолки, Уборті, Ужа – піщане, піщано-галькове, місцями скелясте, тобто з неоднорідною шорсткістю. Тому при визначенні незамулюючої швидкості враховуємо найбільш слабкий, неміцний піщаний ґрунт, який найбільш здатний до замулення.

На основі цього розрахована швидкість течії річки при проходженні екологічно допустимих мінімальних витрат води за формулою:

$$v_6 = \frac{Q_{\text{екол.доп.мін}}}{F_{\text{сер}}}, \quad (29.1)$$

де  $Q_{\text{екол. доп. мін.}}$  – екологічно допустима мінімальна витрата води у річці у різні фази водного режиму, м<sup>3</sup>/с;  $F_{\text{сер}}$  – площа поперечного перерізу русла річки у різні фази водного режиму, м. Визначені швидкості потоку підтверджують дослідження О.Г. Ободовського [14], що  $V_{\text{ЕДВ}} > V_{\text{нз}}$ .

При оцінці зв'язку між  $Q_{\text{екол. доп. мін.}}$  витратою води у річці і площею поперечного перерізу русла річки був застосований кластерний аналіз і, зокрема, його двогруповий метод [20]. На основі аналізу виділено райони досліджуваних річок за швидкістю течії на вертикалі при проходженні екологічно допустимих мінімальних витрат води, який дав досить надійні результати (рис. 29.2).

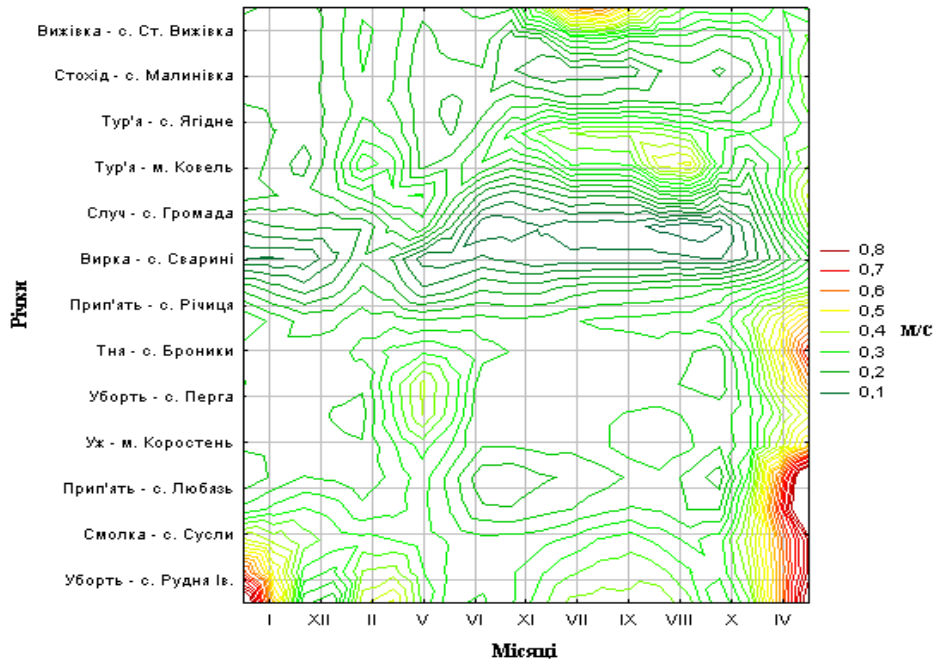


Рис. 29.2. Мінімальні швидкості течії на річках при проходженні ЕДМВ води за досліджуваний період

Зокрема, отримали вісім кластерів (від 0,1–0,8 м/с), у яких найбільші швидкості течії спостерігаються у II–IV місяці – від 0,41 м/с на р. Уж – м. Коростень та р. Прип'ять – с. Річиця до 0,7 м/с на р. Прип'ять – с. Любязь, які розміщені на УКЩ (Случ, Тня, Смолка, Уборть, Уж), для яких характерні врізані та стійкі до розмиву руслами транспорт донних наносів, а також річка Прип'ять. Для річки Турії – м. Ковель максимум спостерігається у VIII місяці – 0,47 м/с, адже стік річки зарегульований водосховищем, яке знаходиться в 340 м вище поста, а також ставками, розміщеними на водозборі до поста об'ємом 1,30 млн м<sup>3</sup>. Найменша

швидкість при проходженні екологічно допустимих мінімальних витрат води спостерігається на р. Вирка – с. Сварині від 0,1 до 0,21 м/с, оскільки річище каналізоване, заростає водною рослинністю. Дно мулисто-піщане. В районі поста спостерігається вихід ґрунтових вод, заболоченість – 49%, 42% – лісистість. Річка є водоприймачем осушувальних систем, які сьогодні у незадовільному, що сприяє підвищенню екологічно допустимих мінімальних витрат і зниженню швидкості течії.

Для річок Вижівка, Турія, Стохід, Случ характерно дно річищ піщане, піщано-мулисте, заплави місцями заболочені і порослі чагарником, заростають водною рослинністю, береги низькі, задерновані, вплив негативних руслових процесів, зокрема, накопичення наносів, поверхневий стік затримується внаслідок значної лісистості території, незадовільний стан осушувальних систем. Всі ці чинники не сприяють розвитку у річках великих швидкостей.

**29.3.2. Розрахункові залежності визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води з річок.** Основними розрахунковими залежностями в еколого-гідрологічній моделі обрано  $Q = f(H)$  – за даними звіту [21]  $Q = f(h)$ , і  $Q = f(\bar{V})$ , де  $Q, H$  і  $\bar{V}$ ,  $h$  відповідно витрати води, рівні води і середні швидкості течії руслового потоку в заданому створі та глибина річки.

Для визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води в річках і об'ємів відбору стоку з них, які повинні мати місце у березні, необхідно згідно із розрахунковими критеріями визначити в заданому створі рівень виходу води на заплаву  $H_3$ , за залежністю  $Q = f(H)$  встановити відповідну йому витрату води  $Q_3$ , а за рекомендаціями, що наведені в роботах [22; 14] – значення руслоформуючої витрати води  $Q_{рф}$  в межах русла. Потім на підставі даних стаціонарних спостережень підібрати аналог року з чітко вираженою повинню, водний режим якої характеризується проходженням у березні  $H_{\max} \geq H_3$ ,  $Q_{\max} \geq Q_3$  і наявністю руслоформуючої витрати  $Q_{рф} \leq Q_{\max}$ . Якщо в період повені зазначеного аналога мала місце руслоформуюча витрата води в межах русла і заплава була затоплена відповідним шаром з наступним плавним спадом рівня води, то такий водний режим березня можна вважати екологічно допустимим. При цьому об'єм стоку в березні встановленого аналога повинен бути найменшим серед подібних аналогів за період спостережень, для яких дотримується задане співвідношення  $H_{\max}$  і  $Q_{\max}$ . За таких умов його середньомісячна витрата води приймається за екологічно допустиму в середньому за березень.

Для визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води і об'ємів відбору стоку з річок за критеріями швидкісного режиму течії

водного потоку необхідно за даними багаторічних вимірів гідрологічних і гідравлічних характеристик заданого періоду створити масив найменших витрат води, які спостерігались у водному потоці при всіх зафіксованих у розрахунковому створі середніх швидкостях течії руслового потоку і на його основі побудувати залежності  $Q = f(\bar{V})$ . Побудова здійснюється на комп'ютері за стандартною програмою EXEL. У кінцевому результаті одержуємо графічні і аналітичні залежності  $Q = f(\bar{V})$ , на підставі яких за розрахунковими критеріями встановлюємо екологічно допустимі мінімальні витрати води, які потрібно залишити у річці для збереження сталого функціонування річкової екосистеми.

Досвід побудови залежностей засвідчив, що найбільш високі коефіцієнти кореляції (0,85–0,98) мають залежності за періоди грудень–січень, червень–серпень, вересень–листопад, дещо менші – за лютий, квітень і травень, тобто за місяці з нестійким водним режимом [7]. Тому, враховуючи сучасний рівень спостережень, зазначені залежності слід приймати за розрахункові.

Розрахунки екологічно допустимих мінімальних витрат води виконуються за кожний місяць окремо, за розрахунковий період можна приймати фази водного режиму, а при недостатній кількості вихідних даних розрахунки виконуються по сезонах року за такими розрахунковими періодами: в зонах Полісся і Лісостепу – зима (XII–I і II), весна (III, IV, V), літо (VI–VIII), осінь (IX–XI); в зоні Степу – зима (XII–I), весна (II, III, IV), літо (V, VI–VIII), осінь (IX–XI). Визначення зазначених періодів обґрунтовано ґрунтовим режимом річок в типових по внутрішньорічному розподілу стоку гідрологічних районах на території України.

Внутрішньорічний розподіл стоку досліджуваних річок різних гідрологічних районів, виконаний згідно з даними [23] та даними водного кадастру. Враховані дані про внутрішньорічний розподіл стоку, що дають змогу розраховувати кількість води, яку можна відібрати з річки для різних водогосподарських потреб, не вдаючись до регулювання стоку.

Усі показники, що застосовуються в розрахунковій моделі, достатньо інформативні та доступні для визначення з однією умовою – наявності матеріалів спостережень. При їх відсутності необхідно провести польові обстеження розрахункових гідростворів, ділянок річки і зробити потрібні вимірювання або застосувати принцип аналогії та узагальнення.

На основі сформованих розрахункових критеріїв та обраних розрахункових залежностей розроблено у наступному підрозділі загальний розрахунок визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води з річок.

#### 29.4. Загальний розрахунок визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води з річок

Спостереження за гідрологічними показниками в річці (витратою, швидкістю течії, температурою води, хімічним складом води і т. д.) дають нам кількісну або якісну характеристику явища, але не розкривають його суті. В деяких випадках цього цілком достатньо для встановлення зв'язку між окремими явищами, ознаками або властивостями, які можна прогнозувати. Відповідно здійснювати на них певний вплив.

Всебічний і глибокий аналіз досліджуваних гідрологічних статистичних даних передбачає використання різних спеціальних методів. Одним з найважливіших серед них є метод графічного зображення статистичних даних. Цей метод незамінний в разі потреби одночасно вивчати кілька взаємопов'язаних гідрологічних явищ, оскільки вони надають змогу відразу, одним поглядом встановити існуючі між згаданими явищами співвідношення, зв'язки, виявити, чим вони відрізняються між собою, а також з'ясувати особливості їхньої зміни в часі і просторі.

Враховуючи дані методики [7], у математичному підході використано наступну систему розрахунків. Зауважимо, що в дослідженнях використано лише еколого-гідрологічні показники, то у математичному підході взято систему розрахунків, що використовується в стандартній програмі EXCEL для побудови графіків та діаграм [24].

За залежностями вимірних витрат води від середніх швидкостей течії річки будується лінія, яка найкращим чином підходить до вихідних даних. В EXCEL передбачені можливості автоматичної побудови подібних ліній. При цьому використовується метод найменших квадратів. Цей метод дозволяє побудувати рівняння лінії, яка проходить як найближче до заданих точок, а також знаходження такої математичної функції, яка б найкраще відбивала б характер зміни рівнів швидкісного ряду. Така лінія становить лінію найкращої відповідності, яку ще називають лінією регресії і вона лежить в основі регресійного аналізу. Враховуючи це, при визначенні основної тенденції методом найменших квадратів, витрати води виражаються у вигляді певної функції від швидкості  $v$ , тобто  $Q = f(v)$ , де  $Q$  – екологічно допустима мінімальна витрата води в річці, яку необхідно встановити. Вона дає змогу здійснити заміну фактичних даних швидкісного ряду вирівняними значеннями ( $Q$ ).

Розглядаючи досліджувані гідрологічні показники річок, а саме залежності вимірних витрат води від середніх швидкостей течії річки для кожного місяця і річки зокрема, за багаторічний період, логічно припустити, що для описання основної тенденції розвитку

потрібно використати параболу другого порядку, що і підтверджено методикою [7]. Тому апроксимуємо дані спостережень наступною функціональною залежністю:

$$Q = Av^2 + Bv + C. \quad (29.2)$$

При чому необхідно обов'язково врахувати умову перетину кривої з віссю  $Q$  в точці нуль, тобто  $C = 0$ .

Отже, залежність (29.2) набуде наступного вигляду:

$$Q = Av^2 + Bv, \quad (29.3)$$

де  $A, B$  – коефіцієнти рівняння регресії.

Згідно з методом найменших квадратів найкращі значення параметрів  $A$  і  $B$ , для яких сума квадратичних відхилень:

$$S(A, B) = \sum_{i=1}^n \delta_i^2 = \sum_{i=1}^n (Q_i - f(v, A, B))^2, \quad (29.4)$$

дослідних даних  $Q_i$  від обчислених за емпіричною формулою (29.2) повинні бути найменшими. Таким чином, задача зводиться до обчислення коефіцієнтів  $A$  і  $B$  рівняння регресії. Звідси випливає, що величина  $S(A, B)$ , що є функцією двох змінних від  $A$  і  $B$ , повинна мати мінімум. А необхідна умова мінімуму функції  $S(A, B)$  – це рівність нулю її частинних похідних:

$$\frac{\partial S}{\partial A} = 0 \quad \text{і} \quad \frac{\partial S}{\partial B} = 0. \quad (29.5)$$

Отримана система (29.5) є системою рівнянь для визначення параметрів  $A$  і  $B$ .

В розгорнутому вигляді отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \left( \sum_{i=1}^n v_i^3 \right) A + \left( \sum_{i=1}^n v_i^2 \right) B = \sum_{i=1}^n v_i Q_i \\ \left( \sum_{i=1}^n v_i^2 \right) A + \left( \sum_{i=1}^n v_i \right) B = \sum_{i=1}^n Q_i \end{cases}. \quad (29.6)$$

З першого рівняння системи (29.6) визначаємо параметр  $B$ , маємо

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n v_i Q_i - \left( \sum_{i=1}^n v_i^3 \right) A}{\sum_{i=1}^n v_i^2}. \quad (29.7)$$

Підставивши у друге рівняння системи (29.6), отримаємо

$$\left(\sum_{i=1}^n v_i^2\right)A + \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n v_i^2} * \sum_{i=1}^n v_i Q_i - \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n v_i^2} * \left(\sum_{i=1}^n v_i^3\right)A = \sum_{i=1}^n Q_i. \quad (29.8)$$

Перенесемо невідомий параметр  $A$  в одну сторону рівняння, отримаємо

$$A \left( \sum_{i=1}^n v_i^2 - \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n v_i^2} * \sum_{i=1}^n v_i^3 \right) = \sum_{i=1}^n Q_i - \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n v_i^2} * \sum_{i=1}^n v_i Q_i. \quad (29.9)$$

З рівняння (29.9) визначаємо параметр  $A$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i - \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n v_i^2} * \sum_{i=1}^n v_i Q_i}{\sum_{i=1}^n v_i^2 - \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n v_i^2} * \sum_{i=1}^n v_i^3}. \quad (29.10)$$

Позначимо співвідношення  $\frac{\sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n v_i^2} = W$ , тоді (29.10) матиме вигляд

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i - W * \sum_{i=1}^n v_i Q_i}{\sum_{i=1}^n v_i^2 - W * \sum_{i=1}^n v_i^3}, \quad (29.11)$$

Підставивши (29.11) в (29.7), знаходимо  $B$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n v_i Q_i - \left(\sum_{i=1}^n v_i^3\right) \left(\sum_{i=1}^n Q_i - W * \sum_{i=1}^n v_i Q_i\right)}{\sum_{i=1}^n v_i^2 \left(\sum_{i=1}^n v_i^2 - W * \sum_{i=1}^n v_i^3\right)}. \quad (29.12)$$

За допомогою залежності (29.3), розрахованій за даними спостереження в кожному гідростворі з використанням математичної

функції, визначено екологічно допустимі мінімальні витрати води, які відповідають критичним значенням швидкості води в потоці.

Наприклад, для річки Тня – с. Броники екологічно допустимі мінімальні витрати води становлять в літній період (1945–1974 рр.) відповідно: у червні – 0,39 м<sup>3</sup>/с, у липні і серпні – 0,41 м<sup>3</sup>/с при розрахунково-критеріальній швидкості водного потоку 0,25 м/с – забезпечується функціонування таких видів біоценозів, як фітопланктон, бактеріопланктон, зоопланктон і зообентос, русло не заростає, не замулюється (рис. 29.3–29.5).

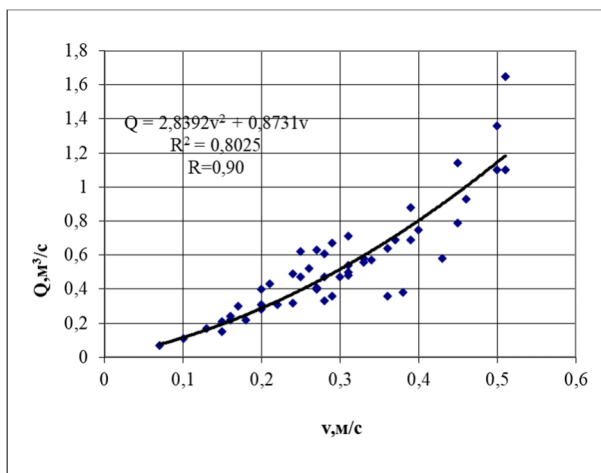


Рис. 29.3. Залежність виміряних у червні витрат води від середніх швидкостей течії р. Тні біля с. Броники

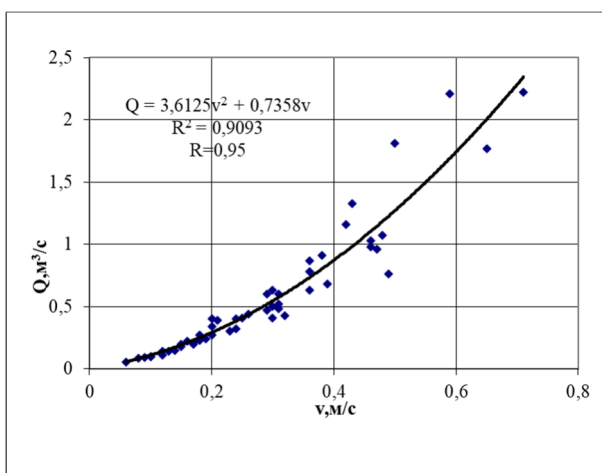


Рис. 29.4. Залежність виміряних у липні витрат води від середніх швидкостей течії р. Тні біля с. Броники



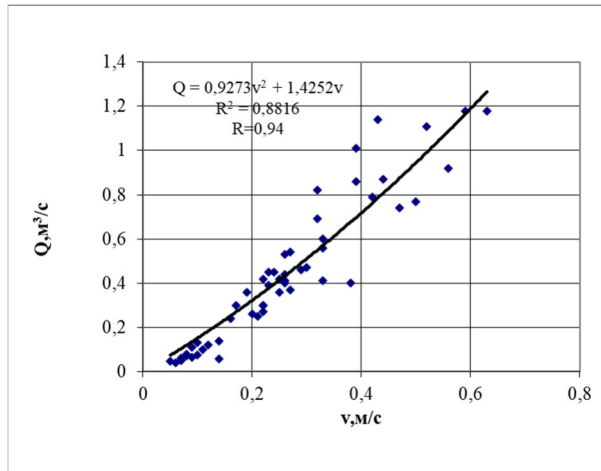


Рис. 29.5. Залежність вимірних у серпні витрат води від середніх швидкостей течії р. Тня біля с. Броники

Протягом року екологічно допустимі мінімальні витрати води в річці Тня біля с. Броники змінюються від  $0,29 \text{ м}^3/\text{с}$  у січні до  $9,77 \text{ м}^3/\text{с}$  у березні при відповідних розрахунково-критеріальних швидкостях води у річці, які задовольняють умови методики (літо – осінь – зима –  $0,25 \text{ м/с}$ , квітень –  $0,5 \text{ м/с}$ , травень –  $0,3 \text{ м/с}$ ) [7]. Розрахункові коефіцієнти відповідно до залежності (29.3) змінюються протягом розрахункового періоду дослідження в межах  $0,93 \leq A \leq 6,20$  і  $0,07 \leq B \leq 1,42$  (табл. 29.1).

Таблиця 29.1

Розрахункові коефіцієнти рівнянь кореляційного зв'язку

Назва річки, гідрологічного посту	Основні залежності		Коефіцієнт кореляції $R$	Коефіцієнт детермінації $R^2$
	Коефіцієнт $A$	Коефіцієнт $B$		
Прип'ять – с. Річиця	$8,83 \leq A \leq 90,43$	$2,51 \leq B \leq 20,43$	$0,85 \leq R \leq 0,99$	$0,72 \leq R^2 \leq 0,97$
Прип'ять – с. Любязь	$9,07 \leq A \leq 88,6$	$5,44 \leq B \leq 29,3$	$0,71 \leq R \leq 0,99$	$0,50 \leq R^2 \leq 0,99$
Вижівка – с. Стара Виживка	$3,19 \leq A \leq 36,18$	$0,44 \leq B \leq 5,88$	$0,72 \leq R \leq 0,96$	$0,52 \leq R^2 \leq 0,93$
Турія – с. Ягідне	$0,55 \leq A \leq 7,54$	$0,36 \leq B \leq 3,67$	$0,63 \leq R \leq 0,93$	$0,52 \leq R^2 \leq 0,86$
Турія – м. Ковель	$8,84 \leq A \leq 100,95$	$0,58 \leq B \leq 7,56$	$0,86 \leq R \leq 0,99$	$0,75 \leq R^2 \leq 0,97$
Стохід – с. Малинівка	$2,00 \leq A \leq 8,85$	$0,21 \leq B \leq 0,68$	$0,84 \leq R \leq 0,98$	$0,70 \leq R^2 \leq 0,97$
Вирка – с. Сварині	$1,27 \leq A \leq 40,03$	$0,24 \leq B \leq 4,99$	$0,74 \leq R \leq 0,97$	$0,55 \leq R^2 \leq 0,89$
Случ – с. Громада	$0,59 \leq A \leq 124,52$	$4,52 \leq B \leq 30,79$	$0,74 \leq R \leq 0,98$	$0,55 \leq R^2 \leq 0,96$
Тня – с. Броники	$0,93 \leq A \leq 6,20$	$0,07 \leq B \leq 1,42$	$0,89 \leq R \leq 0,97$	$0,80 \leq R^2 \leq 0,93$
Смолка – с. Сусли	$0,52 \leq A \leq 13,71$	$0,03 \leq B \leq 1,62$	$0,85 \leq R \leq 0,96$	$0,73 \leq R^2 \leq 0,92$
Уборть – с. Рудня Іванівська	$1,02 \leq A \leq 15,85$	$0,005 \leq B \leq 2,06$	$0,71 \leq R \leq 0,98$	$0,50 \leq R^2 \leq 0,97$
Уборть – с. Перга	$0,31 \leq A \leq 39,20$	$0,06 \leq B \leq 10,08$	$0,41 \leq R \leq 0,84$	$0,54 \leq R^2 \leq 0,71$
Уж – м. Коростень	$0,08 \leq A \leq 22,50$	$0,92 \leq B \leq 6,13$	$0,72 \leq R \leq 0,93$	$0,52 \leq R^2 \leq 0,87$

Як свідчать результати дослідження, розрахунок екологічно допустимих мінімальних витрат води у річках Прип'ятського Полісся України задовольняє основним критеріям, які лімітують функціонування річкових систем як елементів живої природи.

Загальну зміну залежностей виміряних витрат води від середніх швидкостей течії річки Тня біля с. Броники за період дослідження зображено на (рис. 29.6).

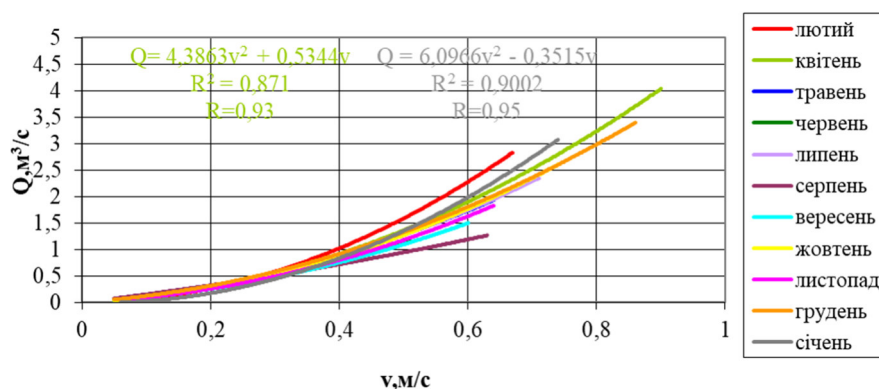


Рис. 29.6. Залежність виміряних витрат води від середніх швидкостей течії р. Тні біля с. Броники за період дослідження (1945–1974 рр.)

На рис. 29.6 видно, що різких коливань водності річки Тні протягом досліджуваного року не було, найбільша екологічно допустима мінімальна витрата води в річці Тня, окрім березня (для якого екологічно допустимі мінімальні витрати визначаються згідно з Методикою [7]), за весь період дослідження була у квітні – 1,36 м³/с при критеріальній швидкості течії води в річці 0,5 м/с – створюються найбільш сприятливі умови для формування цінних для екосистеми видів гідробіоценозів, а найменша – 0,29 м³/с у січні при критеріальній швидкості течії води в річці 0,25 м/с – русло не замулюється, що відповідає умовам методики [7].

Запишемо рівняння (29.3) в іншому вигляді, використавши поняття коефіцієнта нелінійної кореляції, який дає змогу оцінювати ступінь близькості отриманого рівняння до функціонального

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Q_i - f(v_i)]^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}} = \sqrt{\frac{\delta_v^2}{\delta_Q^2}}. \quad (29.13)$$

Враховуючи той факт, що в програмі EXCEL 97 критерій адекватності (міри залежності  $Q$  від  $v$ ) математичних функцій

використовується коефіцієнт детермінації  $R^2$ , то рівняння (29.13) запишемо у вигляді:

$$R^2 = \frac{\delta_v^2}{\delta_Q^2}, \quad (29.14)$$

де  $\delta_v^2$  – факторна дисперсія, тобто сума квадратів відхилень фактичних значень  $Q_i$  від теоретичних  $f(v_i)$ ;  $\delta_Q^2$  – загальна дисперсія, тобто сума квадратів відхилень фактичних значень  $Q_i$  від їх середнього значення  $\bar{Q}$ .

З умови (29.14) факторна і загальна дисперсії ( $\delta_v$  і  $\delta_Q$ ) обчислюється за формулами:

$$\delta_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - v_0)^2}{n-1}}; \quad (29.15)$$

$$\delta_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_0)^2}{n-1}}, \quad (29.16)$$

де  $v_0, Q_0$  – середні арифметичні значення швидкості течії і витрат води відповідних рядів дослідження.

Так, для річки Тня біля с. Броники в результаті обробки даних дослідження встановлено, що коефіцієнт кореляції в літній період відповідно становить (рис. 29.3–29.5): у червні – 0,90, липні – 0,95, а у серпні – 0,94. За весь період дослідження  $R$  змінюється в межах  $0,89 \leq R \leq 0,97$ . Результати кореляційного аналізу приведені в таблиці 29.1.

Для визначення міри залежності вимірних витрат води від середніх швидкостей течії річки було проведено розрахунок коефіцієнта детермінації  $R^2$ , який для річки Тня біля с. Броники змінюється в межах  $0,80 \leq R^2 \leq 0,93$  за досліджуваний період. Відомо, що коефіцієнт детермінації вище 0,5 показує на тісний зв'язок вимірних витрат води і середніх швидкостей течії річки.

Оскільки складність гідрологічних явищ, неповнота гідрометричних даних та недостатня їхня точність зумовлюють похибку визначення витрат води за середньою швидкістю течії. Ефективність методу такого визначення оцінюється відношенням середньоквадратичної похибки ( $\delta_n$ ), яку одержують зіставляючи обчислені значення явищ з фактичними, до середнього квадратичного відхилення ( $\delta$ ) передбачуваної величини від норми, тобто  $\delta_n / \delta$ .

Середня квадратична похибка рівняння регресії визначається за формулою

$$S_R = \pm\sqrt{1-R^2}. \quad (29.17)$$

Якщо  $S_R / R \approx 1$  – прогноз не має практичного значення,  $S_R / R < 0,5$  – прогноз вважається добрим,  $0,5 < S_R / R < 1$  – прогноз вважається задовільним.

Отже, за даними розрахунків для річки Тня біля с. Броники ефективність пропонованого методу розрахунку екологічно допустимих мінімальних витрат води протягом досліджуваного періоду є добрим, а в листопаді – задовільним, оскільки ефективність перевищує 0,5 і складає – 0,51. Такі прогнозні значення розраховано для всіх досліджуваних річок Прип'ятського Полісся України.

Загальна блок-схема визначення екологічно допустимого об'єму відбору води з річок зображена на рис. 29.7.

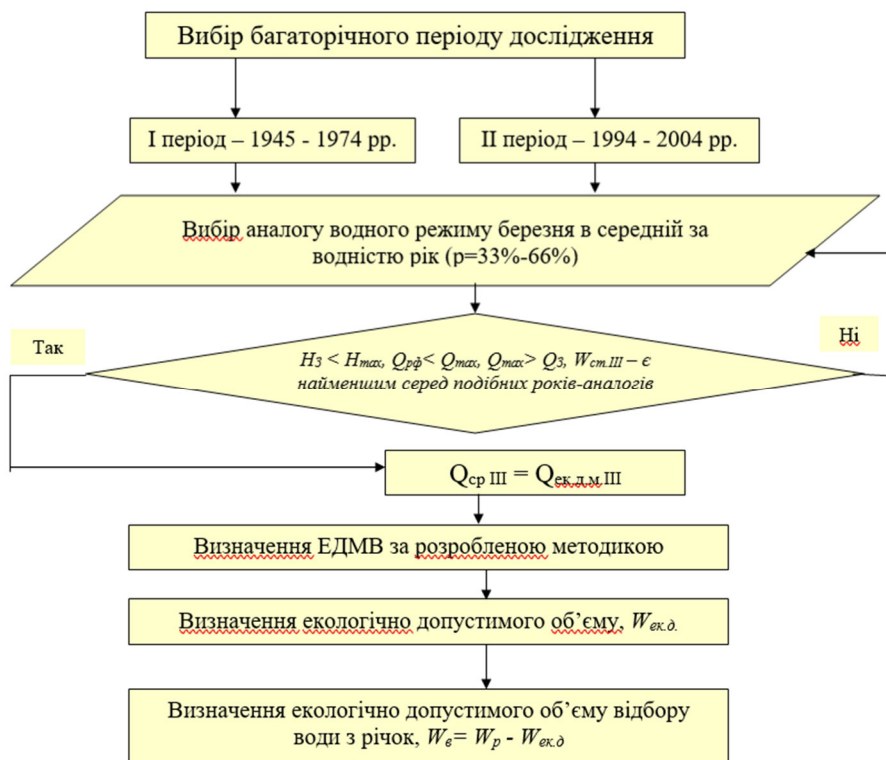


Рис. 29.7. Загальна блок-схема визначення екологічно допустимого об'єму відбору води з річок

## **Порядок розрахунку екологічно допустимих мінімальних витрат води.**

Результати застосування методики, тобто визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води представляє значний інтерес при проектуванні промислового та побутового водопостачання, зрошення сільськогосподарських угідь, для потреб судноплавства, енергетичного використання річок, тому що вони лімітують не лише розміри споруд, що проектуються, а й саму можливість їхнього розташування в даному місці.

Порядок розрахунку екологічно допустимих мінімальних витрат води здійснюється в наступному порядку:

1. В розрахунковому створі конкретної річки визначають рівень виходу води на заплаву, відповідну йому витрату води і значення руслоформуючої витрати води в межах русла.

2. З матеріалів багаторічних спостережень за водним режимом річки вибирають згідно з методикою [7] аналог середнього за водністю року.

3. За даними гідрометричних вимірів для кожного з визначених періодів у сезоні року будують розрахункові залежності витрат води від середніх швидкостей річкового потоку  $Q = f(\bar{V})$ . При цьому бажано, якщо дозволяє кількість даних, врахувати призначення окремих гідрометричних створів (меженний, паводковий, тимчасовий), що забезпечує однорідність вимірів.

4. За встановленими таким чином показниках і розрахункових залежностях визначають згідно з методикою екологічно допустимі мінімальні витрати води для кожного місяця року, фаз водного режиму і сезонів років.

Порядок розрахунку визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води (екологічно допустимих об'ємів відбору води) розглянемо на прикладі річки Тня поблизу с. Броники за еколого-гідрологічними критеріями.

1. За даними, наведеними в гідрологічних щорічниках у розділі «Опис постів», рівень виходу води на заплаву  $H_3 = 270$  см над нулем поста. Цьому рівню згідно із залежністю  $Q = f(H)$  відповідає витрата води в  $25,02 \text{ м}^3/\text{с}$ .

2. З таблиці 2.34 довідника «Малі річки України» [22] визначаємо величину руслоформуючої витрати води в межах річища –  $Q_{pf} = 18,8 \text{ м}^3/\text{с}$ .

3. За матеріалами багаторічних спостережень за аналог водного режиму березня обираємо середній за водністю 1968 рік, який характеризується чітко вираженою весняною повинню з піковими величинами  $H_{\text{макс}} = 393$  см,  $Q_{\text{макс}} = 74,1 \text{ м}^3/\text{с}$ . При такому водному режимі заплава була затоплена достатнім шаром для нересту риби і вологонакопичення ґрунтів прируслової території, мали місце руслоформуюча витрата води та

плавний спад рівня стоку, а об'єм стоку порівняно з іншими роками з таким же порядком водного режиму був найменшим.

4. З таблиць «Виміряні витрати води», які частково опубліковані у гідрологічних щорічниках (по 1974 рік), а в повному обсязі зберігаються в архівах Державної Гідрометслужби, формуємо за прийнятий період спостережень масив даних «Виміряні витрати води і відповідні їм середні швидкості течії руслового потоку» за кожний місяць року. При цьому бажано врахувати призначення окремих гідрометричних створів (меженний, паводковий, тимчасовий), що забезпечує однорідність даних.

5. За даними таблиць 1.3 «Витрати води», які опубліковані в гідрологічних щорічниках, складаємо таблицю помісячних величин найменших витрат води за весь період спостережень, на базі якої визначаємо найбільшу їх величину за кожний місяць.

6. Виконуємо коригування складеного за п. 4 масиву даних. З нього виключаємо величини в межах кожного місяця, які перевищують значення встановленої за п. 5 найбільшої мінімальної витрати води.

7. За даними відкоригованого масиву будуємо розрахункові залежності за кожен місяць року, а якщо недостатня кількість гідрологічних даних, то залежності будуються за періоди: зима (XII–I і II), весна (III, IV, V), літо (VI–VIII), осінь (IX–XI).

8. Проводимо аналіз зазначених залежностей. Якщо на графіках є точки, не характерні для даного періоду, то вони виключаються. До таких можна віднести узимку витрати води і швидкості течії руслового потоку в період паводків тощо.

За наведеним принципом одержані розрахункові залежності  $Q = f(\bar{V})$  для р. Тні та їх аналітичні вирази за кожний розрахунковий місяць зображені на (рис. 29.8–29.15).

Побудова  $Q = f(\bar{V})$  та їх коригування згідно з п.п. 7 і 8 здійснюються на комп'ютері.

9. Відповідно до розрахункових критеріїв методики екологічно допустимі мінімальні витрати води визначають за сезонами року для кожного місяця або окремих місяців і фаз водного режиму.

За критеріями, що лімітують рівні і витрати води для вологонакопичення заплавлених земель, міграції риби на нерест, створення умов для транспортування завислих і рухомих наносів та промивання річища, водний режим р. Тні поблизу с. Броники в березні 1968 року був екологічно найбільш сприятливим. Тому середньомісячну витрату води ( $Q_{III} = 9,77 \text{ м}^3/\text{с}$ ) можна вважати екологічно допустимою мінімальною витратою води в середньому за березень.

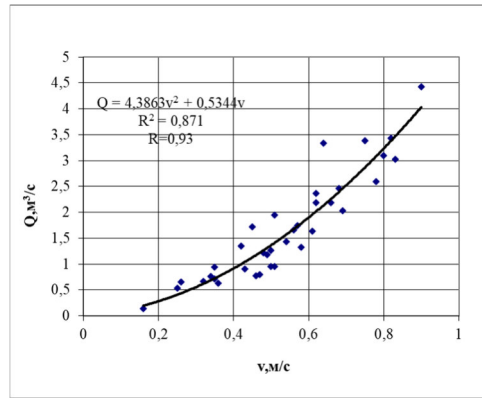


Рис. 29.8. Залежність вимірених у квітні витрат води від середніх швидкостей течії р. Тні біля с. Броники

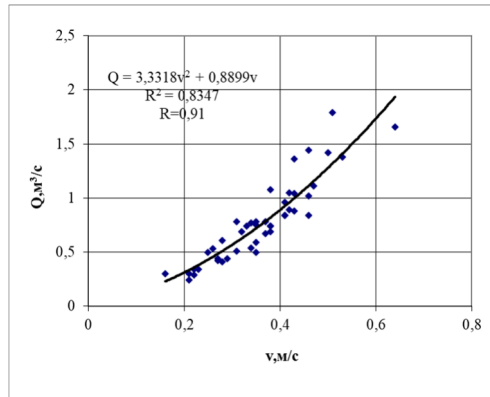


Рис. 29.9. Залежність вимірених у травні витрат води від середніх швидкостей течії р. Тні біля с. Броники

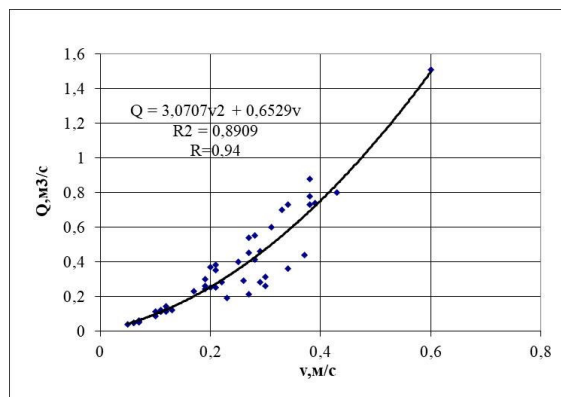


Рис. 29.10. Залежність вимірених у вересні витрат води від середніх швидкостей течії р. Тні біля с. Броники

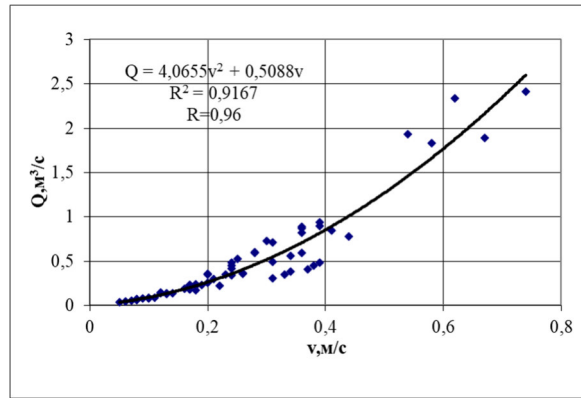


Рис. 29.11. Залежність виміряних у жовтні витрат води від середніх швидкостей течії р. Тні біля с. Броники

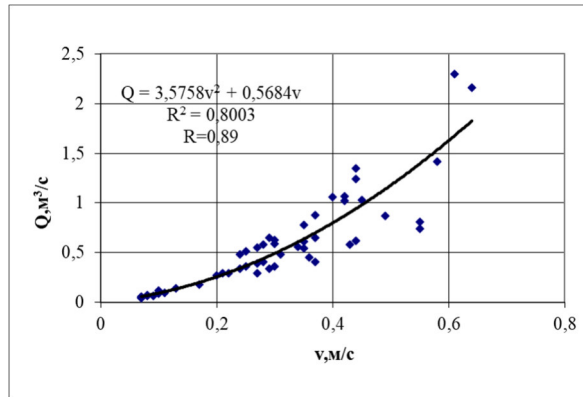


Рис. 29.12. Залежність виміряних у листопаді витрат води від середніх швидкостей течії р. Тні біля с. Броники

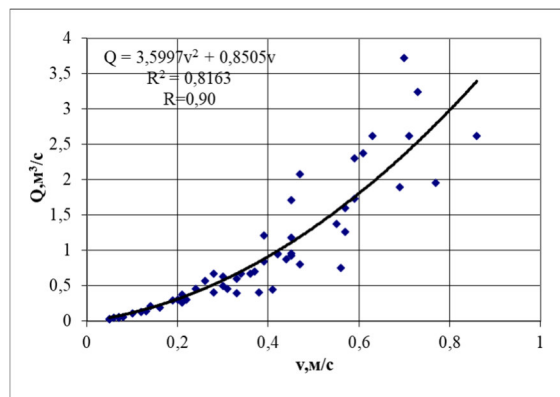


Рис. 29.13. Залежність виміряних у грудні витрат води від середніх швидкостей течії р. Тні біля с. Броники



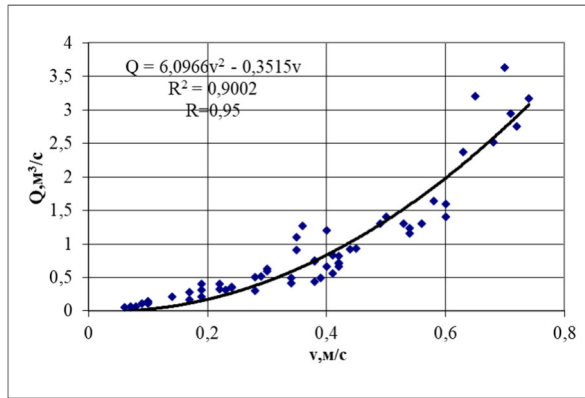


Рис. 29.14. Залежність виміряних у січні витрат води від середніх швидкостей течії р. Тні біля с. Броники

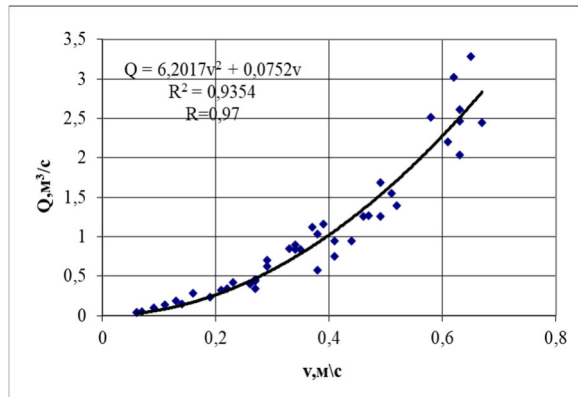


Рис. 29.15. Залежність виміряних у лютому витрат води від середніх швидкостей течії р. Тні біля с. Броники

За критеріями швидкісного режиму руслового потоку на підставі розрахункових залежностей  $Q = f(\bar{V})$  визначаємо екологічно допустимі мінімальні витрати води для квітня і травня:

а) у квітні середня швидкість руслового потоку  $V_u = 0,5$  м/с сприяє розвитку цінних для екосистеми видів гідробіоценозів. Мінімальна витрата води, яка забезпечує цю швидкість, згідно з аналітичним виразом становить  $Q_{IV} = 1,36$  м³/с (рис. 29.8);

б) у травні середня швидкість течії руслового потоку  $V_{zap} = 0,3$  м/с запобігає заростанню його водного дзеркала. За розрахунковою залежністю  $Q = f(\bar{V})$  для травня (рис. 29.9) такої швидкості відповідає найменша витрата води  $Q_V = 0,57$  м³/с;

в) за критерієм режиму середньої швидкості руслового потоку, за яким підтримується рухомість ґрунту по дну, що запобігає замуленню річища  $V_{\text{нз}}=0,25$  м/с, згідно з розрахунковими залежностями  $Q = f(\bar{V})$  для червня (рис. 29.3), липня (рис. 29.4), серпня (рис. 29.5) найменша витрата води, яка забезпечує таку швидкість, становить у літню межень відповідно:  $Q_{VI}=0,39$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_{VII-VIII}=0,41$  м<sup>3</sup>/с, в осінню межень – для вересня (рис. 29.10), жовтня (рис. 29.11), листопада (рис. 29.12) відповідно становлять:  $Q_{IX}=0,35$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_X=0,38$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_{XI}=0,37$  м<sup>3</sup>/с;

г) за критерієм режиму середньої незамулюючої швидкості руслового потоку  $V_{\text{нз}}=0,25$  м/с і розрахунковими залежностями  $Q = f(\bar{V})$  для грудня (рис. 29.13), січня (рис. 29.14), лютого (рис. 29.15) мінімальні витрати води, які здатні підтримувати таку середню швидкість течії руслового потоку в зимову межень становлять відповідно:  $Q_{XII}=0,44$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_I=0,29$  м<sup>3</sup>/с,  $Q_{II}=0,40$  м<sup>3</sup>/с.

Отже, згідно з методикою [7] аналіз розрахунків екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок за еколого-гідрологічними критеріями в екосистемі показав, що визначені таким способом мінімальні витрати води, які необхідно резервувати у річці для збереження її функціонування є достовірними і екологічно обґрунтованими. Так, допустимий об'єм відбору води для р. Тні в межах гідроствору біля с. Броніки в літню межень визначає мінімальна витрата води 0,39 м<sup>3</sup>/с. Такий об'єм відбору води, як показано вище, не порушить самоочисні процеси у річці, а відповідність його прийнятим еколого-гідрологічними критеріям зберігає здатність екосистеми до самовідновлення.

В зимовий період згідно з розрахунками за еколого-гідрологічними критеріями відповідна мінімальна витрата води становить 0,29 м<sup>3</sup>/с. Вона не виходить за межі вищезгаданих витрат води і не суперечить основним вимогам збереження сталого функціонування річкової екосистеми.

Аналогічний розрахунок екологічно допустимих мінімальних витрат води з побудованими розрахунковими залежностями виконано для всіх досліджуваних річок, які знаходяться в різних гідрологічних районах.

Аналіз екологічно допустимих мінімальних витрат води в літню межень по досліджуваних річках показав, що за період спостереження з 1945–1974 рр. мінімальна витрата води в р. Турії поблизу м. Ковель становить 2,71 м<sup>3</sup>/с, тоді як в період з 1994–2004 рр. – 8,96 м<sup>3</sup>/с. Це свідчить про те, що на гідрологічний режим річки впливає водосховище розміщене вище гідропоста на 340 м, заростання русла та незадовільний технічний стан меліоративних систем, що сприяє підвищенню екологічно допустимих мінімальних витрат води.

А у р. Прип'ять поблизу с. Любязь стан протилежний, за період спостереження з 1963–1974 рр. мінімальна витрата води становить  $7,87 \text{ м}^3/\text{с}$ , тоді як в період з 1994–2004 рр. –  $7,13 \text{ м}^3/\text{с}$ . Це свідчить про те, що є вплив природних факторів і антропогенних. Перші обумовлені зміною кліматичних характеристик (теплі з відлигами зими і вологі, теплі літа), що приводить до збільшення частки меженного стоку. Серед антропогенних факторів необхідно відмітити: регулювання стоку річки за рахунок забору води у Дніпро-Бузький канал, незадовільний технічний стан меліоративних систем, що сприяє вторинному заболочуванню і як наслідок, підвищенню екологічно допустимих мінімальних витрат води, заростання русла.

У р. Тні поблизу с. Броники впродовж усього періоду дослідження екологічно допустима мінімальна витрата води коливається на рівні відповідно від  $0,41 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $0,71 \text{ м}^3/\text{с}$ . Це свідчить про стабільний гідрологічний стан річки.

Зміну вимірних витрат води від середньої швидкості течії з річок протягом періоду дослідження, можна простежити за рис. 29.6. Так, для р. Тні поблизу с. Броники видно, що найбільша середня швидкість течії річки і виміряна витрата води була у квітні відповідно –  $0,82 \text{ м/с}$  і  $4,42 \text{ м}^3/\text{с}$ . Для інших річок також побудовані такі залежності. Саме ці величини відіграють важливу роль у створенні водогосподарських балансів підприємств, які використовують поверхневі водойми річки в даному гідростворі впродовж року.

Щодо розрахунку екологічно допустимих об'ємів відбору води з річок (екологічно допустимих мінімальних витрат води) за еколого-гідрологічними критеріями, то результати визначення таких витрат води в річках, які вибрані для дослідження, наведені в таблиці 29.3 наступного підрозділу.

Звісно, встановлені екологічно допустимі мінімальні витрати води (табл. 29.3) для різних річок Прип'ятського Полісся порівнювати не можна через різницю у площах водозаборів. Для цієї мети є зручним модуль стоку (табл. 29.2), який по суті є величиною стоку в л з  $1 \text{ км}^2$  басейну за 1 секунду і визначається за формулою:

$$M_{\text{ек.дон}} = \frac{10^3 Q_{\text{ек.сп.р}}}{F}, \quad (29.18)$$

де  $10^3$  – коефіцієнт для переходу від  $\text{м}^3/\text{с}$  до л /с;  $F$  – площа водозбору,  $\text{км}^2$ ;  $Q_{\text{ек.сп.р}}$  – середньорічні екологічно допустимі мінімальні витрати води,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

За визначеними екологічно допустимими мінімальними модулями стоку побудована карта екологічно допустимого мінімального модуля стоку (л/(с· $\text{км}^2$ )) річок Прип'ятського Полісся України (рис. 29.16).

Таблиця 29.2

Модуль екологічно допустимого мінімального стоку  
для досліджуваних річок

Назва річки, гідрологічного посту	Модуль екологічно допустимого стоку ( $M_{ек.дон}$ ), л/(с·км <sup>2</sup> )
Прип'ять – с. Річиця	2,66
Прип'ять – с. Любязь	1,55
Вижівка – с. Стара Виживка	2,12
Турія – с. Ягідне	1,53
Турія – м. Ковель	1,80
Стохід – с. Малинівка	1,04
Вирка – с. Сварині	2,55
Случ – с. Громада	2,12
Тня – с. Броники	1,28
Смолка – с. Сусли	1,57
Уборть – с. Рудня Іванівська	1,78
Уборть – с. Перга	1,66
Уж – м. Коростень	1,60

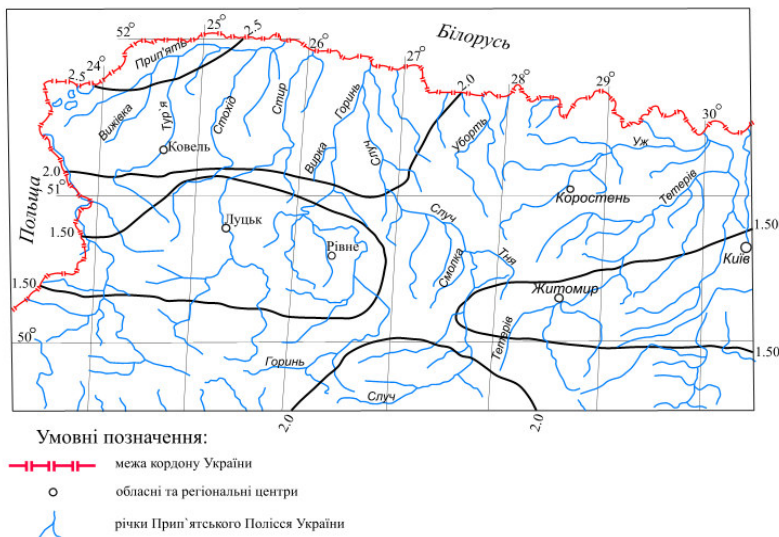


Рис. 29.16. Екологічно допустимі мінімальні модулі стоку (л/(с·км<sup>2</sup>))  
річок Прип'ятського Полісся України

Ізолінії на карті побудовані за загально визнаним точковим способом, який широко застосовується вченими гідрологами, особливо на рівнинних територіях України [26]. Вони показують зміни величини екологічно допустимого мінімального стоку між окремими точками земної поверхні. Побудуванню карти передувало визначення центрів тяжіння басейнів річок.

Так, екологічно допустимий мінімальний модуль стоку на досліджуваній території змінюється від 2,5 л/(с·км<sup>2</sup>) на р. Прип'ять біля с. Річиця до 2,0 л/(с·км<sup>2</sup>) у Волинському Поліссі (р. Вижівка, р. Тур'я, р. Стохід, р. Вирка) і до 1,50 л/(с·км<sup>2</sup>) у Житомирському Поліссі (р. Уборть, р. Уж). Такий розподіл екологічно допустимого мінімального модуля стоку пояснюється впливом факторів: екологічно допустимих мінімальних витрат, площею водозбору, глибиною урізу русла; зокрема, переходом від інтенсивно заболочених долинних геоморфологічних рівнів (заплава, надзаплавні тераси) до низьких і часто також заболочених вододілів – р. Вижівка, р. Турія, р. Прип'ять, р. Стохід, р. Вирка. Річковий стік тут формується під значним впливом верхньокрейдяних горизонтів. Похил русел річок незначний, річки мають повільну течію. До Українського щита та Придніпровської височини – р. Уборть, р. Уж, р. Смолка, р. Тня, р. Случ. Ця частина Полісся є найбільш високо піднятою, краще дренованою, менш заболоченою і більш глибоко розчленованою. Значно поширені сланці кристалічних порід, які виступають на рельєфі у вигляді пагорбів різного розміру і форми. Річки мають більший похил, русла їх глибоко врізані.

Для полегшення визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води за еколого-гідрологічною моделлю та наочного зображення було побудовано блок-схему визначення ЕДМВ води (рис. 29.17).

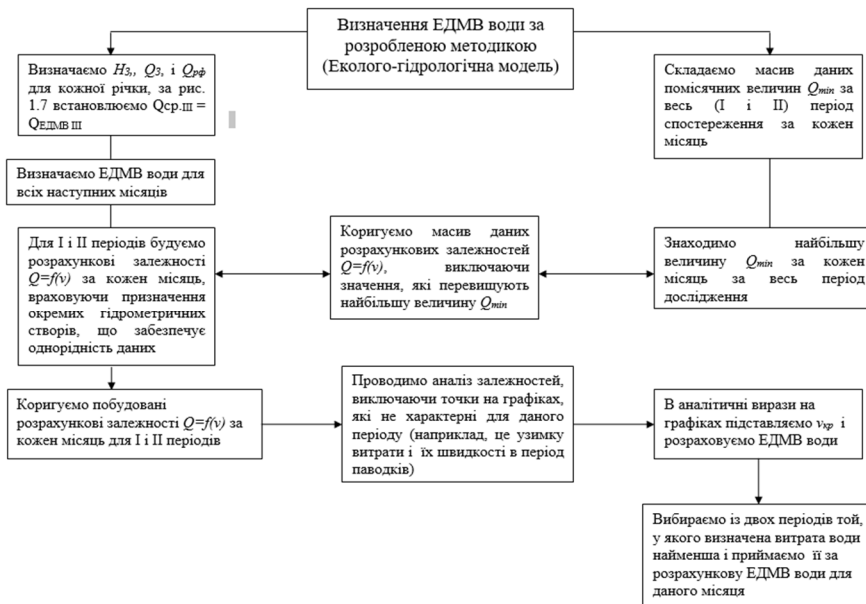


Рис. 29.17. Блок-схема визначення ЕДМВ води за еколого-гідрологічною моделлю

Визначені екологічно допустимі мінімальні витрати дозволили зробити оцінку екологічно допустимих мінімальних витрат води з річок у роки різної забезпеченості та провести аналіз результатів розрахунку у підрозділі 29.5.

### **29.5. Оцінка екологічно допустимого об'єму відбору води з річок Прип'ятського Полісся України в роки різної забезпеченості**

Оскільки екологічно допустимі мінімальні витрати води у річках, які обмежують відповідні об'єми відбору води з них, розраховують за еколого-гідрологічними критеріями для всіх місяців року, то для проведення подальшого аналізу в таблиці 29.3 наведено результати розрахунку цих витрат води для десяти річок Прип'ятського Полісся України.

Під час оцінки екологічно допустимого об'єму відбору води з річок у роки різної забезпеченості використано типовий внутрішньорічний розподіл стоку досліджуваних річок різних гідрологічних районів, виконаний згідно з [22; 23].

За значенням визначених екологічно допустимих мінімальних витрат води розраховані об'єми екологічного стоку ( $W_e$ ), який необхідно залишити в річках для збереження сталого функціонування їх екосистем при будь-яких видах господарської діяльності.

За методикою [7] і за О.Г. Ободовським [14] визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води потребує підтвердження і порівняння з даними натурних спостережень на гідрологічних постах у різні фази водності і для років різної забезпеченості.

Екологічна оцінка водності досліджуваних річок проводиться для середніх і маловодних років із ймовірностями перевищення (забезпеченостями) 50%, 75% і 95%. Багатоводні роки при оцінці екологічно допустимих об'ємів води не враховуються, оскільки в такі роки річки знаходяться в більш сприятливих умовах з точки зору руслоформування та екологічного стану в цілому, і витрати води в річках можуть навіть перевищувати екологічно допустимі мінімальні витрати води, відсутні умови замулення річкових русел [14].

Результати відображають стан забезпечення екологічно допустимого мінімального стоку в річках Прип'ятського Полісся водними ресурсами у різні за водністю роки як в цілому за рік, так і в окремі місяці.

Як свідчать дані табл. 29.3, об'єм екологічного стоку майже в половини досліджуваних річках досягає 40% норми стоку, а в інших шести річках 50–60% норми стоку. За винятком р. Вирки поблизу с. Сварині, де екологічний стік становить 74,4% норми стоку (де майже

30% стоку зарегульовано), а також р. Прип'ять, де екологічний стік становить 71,7% норми стоку біля с. Річиця (де загальний об'єм ставків складає 8,3 млн м<sup>3</sup>) і 76,4% норми стоку біля с. Любязь (де пост є джерелом води для Дніпро-Бузького каналу).

Таблиця 29.3

Екологічно допустимі мінімальні витрати води (1) і розрахункові витрати води в характерні за водністю роки (2 – середні, 3 – маловодні, Р=75%, 4 – дуже маловодні, Р=95%) та відповідні об'єми стоку досліджуваних річок

Річка, гідрологічний пост	Показник	Середні витрати води, м <sup>3</sup> /с										Об'єм стоку, млн.м <sup>3</sup>						
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Q <sub>ек ср.р.</sub> , м <sup>3</sup> /с	W <sub>е</sub>	W <sub>стр</sub>	W/W <sub>стр</sub> ,%	
Прип'ять – с. Річиця	1	3,24	3,7	20,6	9,58	4,22	4,47	4,95	4,23	4,67	4,12	3,51	3,25	5,88	185,5			
	2	5,41	3,35	41,2	15,0	6,70	3,54	1,67	1,08	1,28	2,16	3,84	13,2	8,20		258,6	71,7	
	3	2,26	1,67	35,2	15,5	6,56	1,46	0,66	0,44	0,95	1,24	2,48	4,37	6,07		191,4	96,9	
	4	0,49	0,34	19,7	9,36	4,34	0,56	0,30	0,19	0,26	0,34	0,64	0,90	3,12		98,4	<W <sub>е</sub>	
Прип'ять – с. Любязь	1	4,8	4,64	22,6	22,09	11,13	7,12	7,26	6,82	6,88	6,6	4,69	6,72	9,45	298,0			
	2	8,16	5,04	62,1	22,5	10,1	5,34	2,52	1,63	1,93	3,26	5,78	19,9	12,36		389,8	76,4	
	3	3,59	2,67	56,1	24,7	10,4	2,32	1,04	0,70	1,51	1,97	3,94	6,96	9,66		304,7	97,8	
	4	0,60	0,41	24,2	11,5	0,74	0,69	0,37	0,23	0,32	0,41	0,78	1,10	3,83		120,8	<W <sub>е</sub>	
Вижівка – с. Стара Вижівка	1	0,38	1,65	4,9	2,94	1,95	0,54	0,74	0,63	1,75	1,33	1,05	0,44	1,53	48,2			
	2	2,81	6,32	13,18	3,51	0,95	0,57	0,16	0,35	0,19	0,60	1,26	1,71	2,63		83,0	58,1	
	3	0,85	1,11	9,66	4,16	1,80	0,22	0,04	0,08	0,22	0,30	0,80	0,57	1,65		52,0	92,7	
	4	0,25	0,31	5,86	2,52	1,1	0,06	0,01	0,02	0,06	0,09	0,22	0,16	0,89		28,0	<W <sub>е</sub>	
Тур'я – с. Ягідне	1	0,53	1,14	2,66	1,06	0,70	0,46	0,54	0,30	0,39	0,49	0,35	0,59	0,77	24,3			
	2	1,50	2,58	7,93	2,06	0,89	0,30	0,16	0,13	0,18	0,45	0,84	0,88	1,49		47,0	51,7	
	3	0,30	0,20	5,09	2,58	1,07	0,19	0,08	0,03	0,11	0,21	0,52	0,67	0,92		29,0	83,8	
	4	0,12	0,08	3,22	1,64	0,69	0,07	0,03	0,01	0,05	0,09	0,21	0,27	0,54		17,0	<W <sub>е</sub>	
Тур'я – м. Ковель	1	1,70	1,70	6,40	3,07	1,97	2,22	3,00	3,92	2,56	1,89	1,73	1,75	2,66	83,8			
	2	3,03	1,46	20,29	8,40	3,76	1,51	0,47	0,37	1,20	2,19	3,03	6,47	4,35		137,0	61,2	
	3	1,56	0,85	14,47	7,45	3,56	0,68	0,34	0,17	0,37	0,61	1,36	2,47	2,82		89,0	94,2	
	4	0,31	0,17	10,83	5,57	2,66	0,25	0,13	0,06	0,08	0,13	0,27	0,48	1,74		55,0	<W <sub>е</sub>	
Стохід – с. Малинівка (с. Богущівка)	1	0,28	0,35	5,40	0,55	0,42	0,30	0,26	0,19	0,36	0,23	0,11	0,18	0,72	22,7			
	2	1,19	2,98	12,4	2,50	0,57	0,40	0,13	0,02	0,04	0,24	0,84	0,75	1,84		58,0	39,1	
	3	0,08	0,13	8,11	4,25	1,24	0,20	0,01	0	0	0	0	0,06	1,17		37,0	61,3	
	4	0	0	4,52	2,38	0,69	0,02	0	0	0	0	0	0	0,63		20,0	<W <sub>е</sub>	
Вирка – с. Сварині	1	0,21	0,18	2,98	1,10	0,51	0,35	0,27	0,23	0,29	0,33	0,32	0,32	0,59	18,6			
	2	0,89	0,49	3,41	1,60	0,53	0,12	0,05	0,03	0,08	0,13	0,27	1,91	0,79		25,0	74,4	
	3	0,14	0,14	3,32	2,19	0,69	0,06	0,04	0,02	0,07	0,09	0,25	0,23	0,6		19,0	97,9	
	4	0,03	0,03	2,26	1,49	0,47	0,03	0,02	0,009	0,01	0,02	0,05	0,04	0,37		11,7	<W <sub>е</sub>	
Случ – с. Громада (х. Данцев)	1	2,53	3,51	26,9	6,70	5,68	3,08	3,62	2,79	2,33	1,74	1,21	3,08	5,26	165,8			
	2	3,66	4,88	31,10	10,27	6,20	3,35	4,17	5,39	5,90	9,35	7,93	9,45	8,47		267,0	62,1	
	3	3,09	4,10	21,59	11,51	5,76	3,09	1,58	2,16	2,88	5,61	4,46	6,12	6,0		189,0	87,7	
	4	1,49	2,00	11,30	6,69	4,86	1,92	0,90	1,24	2,22	4,01	3,03	2,98	3,55		112,0	<W <sub>е</sub>	
Тя – с. Броніки	1	0,29	0,40	9,77	1,36	0,57	0,39	0,41	0,41	0,35	0,38	0,37	0,44	1,26	39,7			
	2	1,35	3,69	24,87	7,20	1,61	0,69	0,35	0,17	0,35	0,65	1,48	1,00	3,62		114,0	34,8	
	3	0,36	1,32	13,21	2,83	1,13	0,29	0,10	0,08	0,15	0,23	1,05	0,19	1,74		55,0	72,2	
	4	0,10	0,38	4,19	0,90	0,36	0,06	0,02	0,01	0,04	0,06	0,29	0,06	0,54		17,0	<W <sub>е</sub>	
Смолка – с. Сусли	1	0,78	0,57	4,79	2,36	0,53	0,39	0,37	0,32	0,34	0,37	0,38	0,67	0,99	31,2			
	2	1,13	3,24	11,56	4,15	1,15	0,53	0,26	0,19	0,22	0,36	0,65	0,55	2,0		63,0	49,5	
	3	0,24	0,30	8,27	2,04	0,92	0,23	0,11	0,08	0,28	0,24	0,51	0,87	1,17		37,0	84,3	
	4	0,09	0,10	4,50	1,11	0,50	0,14	0,07	0,05	0,10	0,09	0,17	0,31	0,6		19,0	<W <sub>е</sub>	
Уборть – с. Рудня Іванівська	1	0,52	0,94	4,1	1,78	0,87	0,26	0,36	0,30	0,31	0,30	0,42	0,72	0,91	28,7			
	2	0,31	0,49	13,36	4,02	1,57	0,29	0,20	0,13	0,18	0,22	0,47	1,19	1,87		59,0	48,6	
	3	0,10	0,14	6,82	2,42	0,96	0,23	0,08	0,06	0,09	0,11	0,16	0,25	0,95		30,0	95,7	
	4	0,06	0,08	2,07	0,73	0,29	0,11	0,04	0,03	0,06	0,07	0,10	0,15	0,32		10,0	<W <sub>е</sub>	
Уборть – с. Перга	1	2,35	2,20	28,40	8,41	6,36	1,63	0,76	1,09	1,06	1,24	2,07	2,04	4,80	151,4			
	2	13,42	10,10	44,30	17,89	7,50	4,18	2,89	2,31	2,31	3,75	9,67	25,97	12,0		379,0	39,9	
	3	4,67	3,02	25,33	15,23	7,09	2,34	1,51	1,13	2,49	2,94	3,77	5,88	6,28		198,0	76,5	
	4	0,60	0,38	14,03	8,41	3,92	1,07	0,70	0,54	0,32	0,38	0,51	0,76	2,63		83,0	<W <sub>е</sub>	
Уж – м. Коростень	1	1,54	1,58	7,57	4,24	2,37	1,39	1,52	1,56	1,51	1,37	1,64	1,54	2,32	73,1			
	2	1,71	6,18	22,97	6,82	3,14	1,92	1,07	1,23	1,65	1,49	2,56	2,56	4,44		140,0	52,2	
	3	0,97	1,92	13,25	4,05	2,47	1,40	0,88	1,13	1,07	0,85	1,34	1,13	2,54		80,0	91,4	
	4	0,46	0,91	5,93	1,81	1,11	0,88	0,56	0,71	0,51	0,41	0,64	0,54	1,21		38,0	<W <sub>е</sub>	

Антропогенний фактор впливу зарегульованості стоку, який приводить до збільшення меженного стоку, вторинного заболочування, заростання русла і заплави, уповільнення процесів стікання води підтверджують М.Ю. Калінін і О.Г. Ободовський [27]. Так, вчені доводять, що для річки Вижівка, аналізуючи співвідношення мінімальних витрат на гідрологічних постах Річиця і Любязь за багаторічний період (1982–2000 рр.), які знаходяться нижче посту Стара Вижівка, що середня за період спостереження мінімальна витрата за нижче розміщеним постом Любязь в 1,5 разів менше, чим за вище розміщеним Річиця. Цей факт суперечить всім природним закономірностям і пояснюється лише тим, що в меженний період із р. Прип'ять на ділянці між названими постами здійснюється забір води в Дніпровсько-Бузький канал, що призводить до значного зменшення меженного стоку на ділянці р. Прип'ять нижче водозбору в канал, практично нульовим швидкостям течії в межень, заболочуванню русла і значному погіршенню його гідроекологічного стану.

Згідно з нашими дослідженнями на посту Річиця за багаторічний період дослідження найменші екологічно допустимі мінімальні витрати води у літньо-осінню межінь спостерігаються з 1962–1974 рр. і складають  $4,32 \text{ м}^3/\text{с}$ , тоді як у період з 1994–2004 рр. вони склали  $5,40 \text{ м}^3/\text{с}$ . Таку ж динаміку зміни мінімальних витрат за багаторічний період підтверджують О.Г. Ободовський і М.Ю. Калінін [27]. На підвищення меженного стоку впливають як природні, так і антропогенні фактори. Перші обумовлені кліматичними характеристиками (тепле та вологе літо і зима з частими відлигами). Серед антропогенних факторів необхідно виділити: регулювання стоку річки (загальний об'єм ставків  $8,3 \text{ млн м}^3$ , при  $W_{ек}=185,5 \text{ млн м}^3$ ), незадовільний технічний стан осушувальних систем (в річку скидає стічні води Старовижівська осушувальна система), що викликає повторне заболочування (16% природна заболочуваність річкового басейну), заростання русла.

На гідрологічному посту Любязь ситуація протилежна. За багаторічний період дослідження найменші екологічно допустимі мінімальні витрати води у літньо-осінню межінь спостерігаються з 1994–2004 рр. і складають  $6,56 \text{ м}^3/\text{с}$ , тоді як у період з 1963–1974 рр. вони склали  $7,80 \text{ м}^3/\text{с}$ . Така тенденція до зниження екологічно допустимих мінімальних витрат пояснюється тим, що в 52 км вище поста біля с. Почапи Залуховські на річці Прип'яті є гребля гідровузла. При закритті щитів греблі вода потрапляє у Вижівський канал, який є джерелом води для Дніпро-Бузького каналу, нижче гідровузла у маловодні річка пересихає і перетворюється на декілька розкиданих озерних плес.

Наші результати дослідження по гідрологічному посту Стара Вижівка також не такі категоричні, як у вчених [27]. Так, екологічно



допустимий об'єм стоку для річки складає 48,2 млн м<sup>3</sup>, або 58,1% відповідно до середньо багаторічного стоку.

В дуже маловодний рік 95% забезпеченості водні ресурси не забезпечують об'єми екологічного стоку і  $W_e > W_p$ , а в маловодний рік 75% забезпеченості його водні ресурси перебільшують екологічний стік здебільшого на незначну величину.

Важливо зазначити те, що нормативи екологічно допустимого безповоротного відбору поверхневого стоку встановлюються у вигляді постійних величин в різні сезони року для років з різною водністю і не повинні призводити до змін характеристик водного об'єкта, значно виходячи за межі природних сезонних багаторічних коливань. Тільки в дуже маловодні роки (близькі до 90–95% забезпеченості) характеристики, які забезпечують відтворення біоресурсів водних екосистем, досягають критичних значень.

Щодо місячних екологічно допустимих мінімальних витрат води, то в основному їх величини перевищують відповідні середньомісячні витрати води в рік 95% забезпеченості стоку. А відносно прийнятих санітарних витрат води у практиці водогосподарських розрахунків і проектування споруд (традиційно їх визначають по найменшій середньомісячній витраті води 95% забезпеченості), то це перевищення досягає 24% (табл. 29.44). Так, в теплий період року санітарні витрати води р. Тні поблизу с. Броники становлять 0,15 м<sup>3</sup>/с, тоді як екологічні – 0,39 м<sup>3</sup>/с.

Встановлені об'єми екологічного стоку дають можливість обчислити екологічно допустимі об'єми відбору води, тобто потенційного стоку, за яким оцінюють забезпеченість території басейна водними ресурсами для можливого їх використання. Його величину визначають за різницею об'ємів природного стоку ( $W_p$ ) і екологічно допустимого ( $W_e$ ), тобто

$$W_a = W_p - W_e. \quad (29.19)$$

Наприклад, забезпеченість р. Тні поблизу с. Броники водними ресурсами для можливого їх господарського використання у середні за водністю (50% забезпеченості) і маловодні (75% забезпеченості) роки становить відповідно 74,3 млн м<sup>3</sup> і 15,3 млн м<sup>3</sup>. В дуже маловодні роки (95% забезпеченості) об'ємів водних ресурсів для можливого використання в басейні річки не вистачає (майже 22,7 млн м<sup>3</sup>), тобто необхідно зменшувати відбір водних ресурсів для водогосподарських потреб, шукати джерела для поповнення стоку річок (що практично надзвичайно важко) чи різко зменшити скиди стічних вод, або ж налагодити їх краще очищення (табл. 29.4). В цілому ж по досліджуваних річках потреба у воді в дуже маловодний рік 95% забезпеченості найбільша для середніх річок – у р. Прип'ять біля с. Любязь – 177,2% і

біля с. Річиця – 87,1%, а найменша у р. Случ біля с. Громада – 53,8%. Серед малих річок найбільша потреба у воді у р. Уж біля м. Коростень – 35,1%, а найменша для річки Стохід біля с. Малинівка – 2,7%.

Таблиця 29.4

Оцінка санітарних витрат води і екологічно допустимого об'єму відбору води у досліджуваних річок за багаторічний період в роки різної забезпеченості

Назва річки, гідрологічного посту	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Санітарна витрата, $Q_{сан}$ , м <sup>3</sup> /с	Екологічно допустимий об'єм відбору води, $W_{650\%}$ / $W_{675\%}$ , млн. м <sup>3</sup>	Потреба у водних ресурсах в дуже маловодний рік ( $p=95\%$ ), млн м <sup>3</sup>
Прип'ять – с. Річиця	2210	0,32	73,1/5,9	87,1
Прип'ять – с. Любязь	6100	0,91	91,8/6,7	177,2
Вижівка – с. Стара Вижівка	722	0,18	34,8/3,8	20,2
Гур'я – с. Ягідне	502	0,14	22,7/4,7	7,3
Гур'я – м. Ковель	1480	0,37	53,2/5,2	28,8
Стохід – с. Малинівка	692	0,16	35,3/14,3	2,7
Вирка – с. Сварині	231	0,02	6,4/0,4	6,9
Случ – с. Громада	2480	1,08	101,2/23,2	53,8
Тня – с. Броники	982	0,15	74,3/15,3	22,7
Смолка – с. Сусли	632	0,10	31,8/5,8	12,2
Уборть – с. Рудня Іванівська	510	0,09	30,3/1,3	18,7
Уборть – с. Перга	2880	1,05	227,6/46,6	70,3
Уж – м. Коростень	1450	0,17	66,9/6,9	35,1

Приведений остаточний аналіз розрахунку екологічно допустимих мінімальних витрат води у річках Прип'ятського Полісся України задовольняє основним критеріям, які лімітують функціонування річкових систем як елементів живої природи.

Оцінка зв'язку та аналіз річок за проходження ЕДМВ у процентному відношенні до середньо багаторічної витрати води за досліджуваний період

проведена на основі кластерного аналізу з використанням двохгрупового методу [20] та програмного пакету STATISTICA 6 RU та ArcGis 9.3.

Саме цей метод дозволяє проводити кластеризацію (об'єднання) в обох напрямках, тобто і спостереження (річки), і змінні (ЕДМВ води, витрати води різної забезпеченості). Враховуємо, що жодна ознака не виділяється за своєю значимістю, так, що групування на її основі є головним. Особливістю кластерного аналізу є те, що відмінності між факторами (ознаками), що входять у виділену групу (кластер), незначні, а відмінності між групами – суттєві [20].

Так, необхідно виділити кластери на досліджуваних річках, які схожі у відношенні до відповідних кластерів ЕДМВ води та витрат води різної забезпеченості. Перш ніж його застосувати, була ліквідована розмірність вихідних даних. Всі дані були нормовані (зведені до єдиного масштабу) за допомогою вираження ЕДМВ витрат через екологічно допустимі мінімальні об'єми відбору води відповідно до середньо багаторічного стоку у відсотковому співвідношенні.

Зокрема, найважливішою процедурою зведення даних до однорідних є визначення міри відстані. У роботі використали найбільш загальний тип відстані – евклідова відстань, яка є геометричною відстанню в багатомірному просторі і визначається за формулою:

$$p(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_{il} - x_{jl})^2}, \quad (29.20)$$

де  $x_i, x_j$  – певна  $I$  – ознака, фактор за яким групуються річки у кластери, тобто об'єми відбору річки у різні фази водного режиму (місяці);  $k$  – кількість ознак (екологічно допустимі мінімальні об'єми відбору води відповідно до середньо багаторічного стоку у відсотковому співвідношенні).

Це дозволило здійснити районування території Прип'ятського Полісся України за помісячними екологічно допустимими об'ємами відбору води з річок. Як приклад, результати відображені на рис. 29.18–29.21. Такі карти побудовані для десяти річок Прип'ятського Полісся України для кожного місяця року.

Таким чином, при проведенні кластерного аналізу за двохгруповим методом ми отримали різну кількість кластерів для різних місяців. Аналіз підтверджує, що найбільші витрати на досліджуваних річках Прип'ятського Полісся спостерігаються у період весняного водопілля (III–IV місяці), а найменші – у період літньо-осінньої межени.

На рис. 29.18 зображено екологічно допустимі об'єми відбору води з річок у відсотках від середньо багаторічної норми стоку для січня. Отримано сім кластерів, які відповідають екологічно допустимим об'ємам відбору на досліджуваних річках. Відповідно найбільший відбір води на

р. Вижівка – 86,5%, а найменші відбори для р. Турія біля м. Ковель – 43,9% і для р. Прип'яті (біля с. Річиця і с. Любязь) відповідно 40,1% і 41,1%. А на р. Уборть біля с. Рудня Іванівська не вистачає об'ємів води для відбору – 67,8% (на карті значення від'ємні).

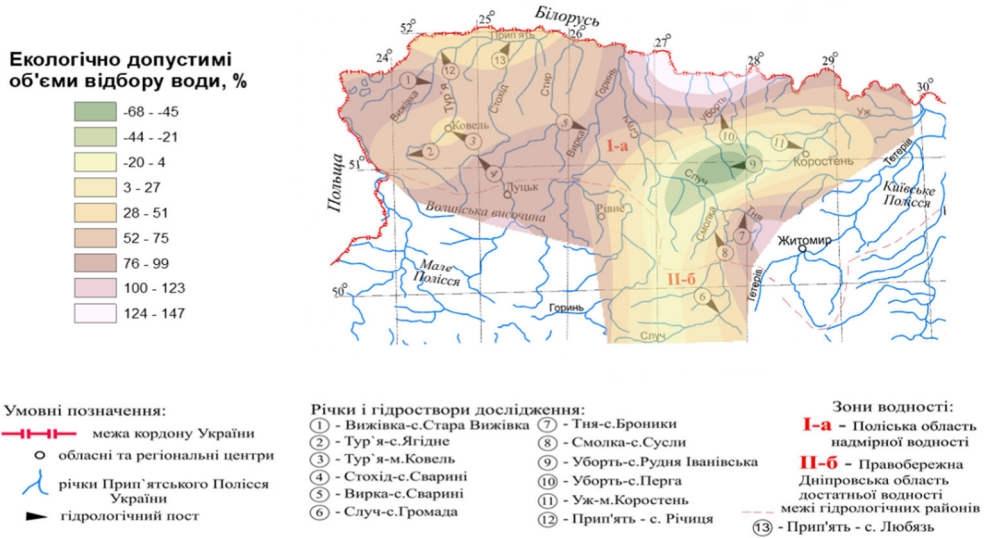


Рис. 29.18. Екологічно допустимі об'єми відбору води з річок ( $W_e$ ), у % від середньо багаторічної норми стоку для січня

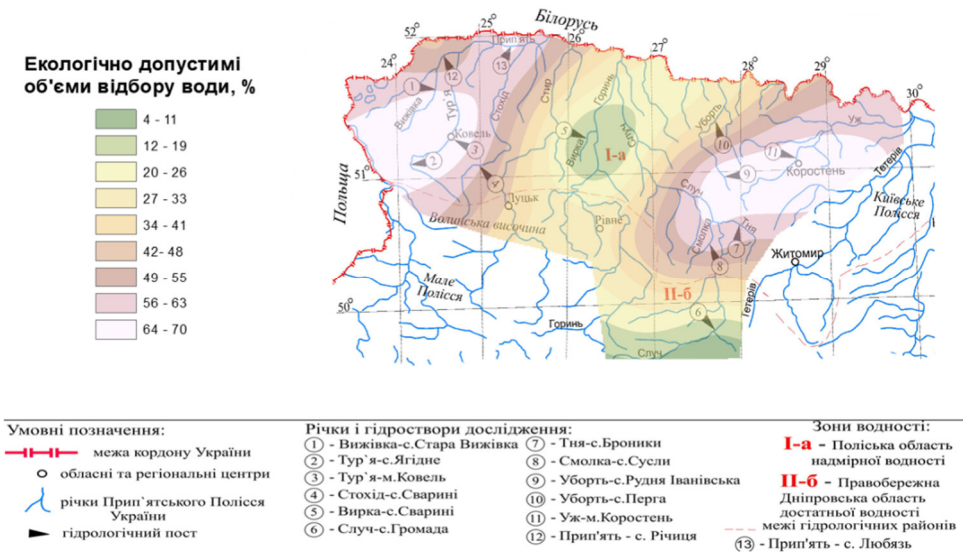
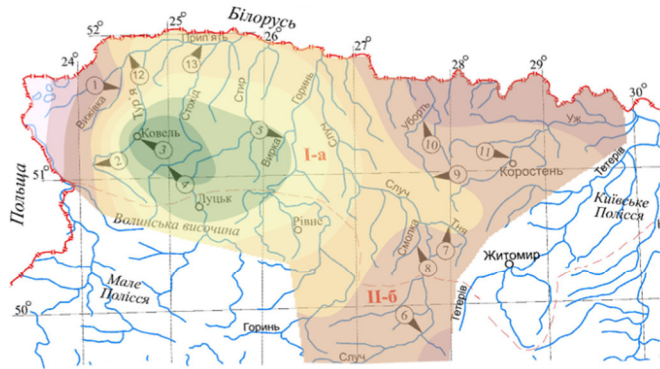
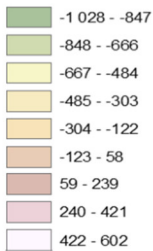


Рис. 29.19. Екологічно допустимі об'єми відбору води з річок ( $W_e$ ), у % від середньо багаторічної норми стоку для березня

**Екологічно допустимі  
об'єми відбору води, %**



**Умовні позначення:**

- межа кордону України
- обласні та регіональні центри
- річки Прип'ятського Полісся України
- гідрологічний пост

**Річки і гідроствори дослідження:**

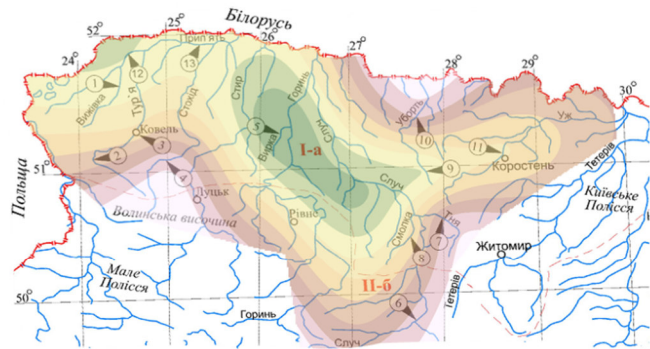
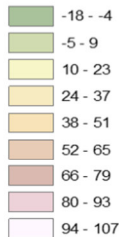
- ① - Вижівка-с.Стара Вижівка
- ② - Тур'я-с.Ягідне
- ③ - Тур'я-м.Ковель
- ④ - Стохід-с.Сварині
- ⑤ - Вирка-с.Сварині
- ⑥ - Случ-с.Громада
- ⑦ - Тия-с.Броники
- ⑧ - Смолка-с.Сусли
- ⑨ - Уборть-с.Рудня Іванівська
- ⑩ - Уборть-с.Перга
- ⑪ - Уж-м.Коростень
- ⑫ - Прип'ять - с. Річниця

**Зони водності:**

- I-а** - Поліська область надмірної водності
- II-б** - Правобережна Дніпровська область достатньої водності
- межі гідрологічних районів
- ⑬ - Прип'ять - с. Любязь

Рис. 29.20. Екологічно допустимі об'єми відбору води з річок ( $W_e$ ), у % від середньо багаторічної норми стоку для серпня

**Екологічно допустимі  
об'єми відбору води, %**



**Умовні позначення:**

- межа кордону України
- обласні та регіональні центри
- річки Прип'ятського Полісся України
- гідрологічний пост

**Річки і гідроствори дослідження:**

- ① - Вижівка-с.Стара Вижівка
- ② - Тур'я-с.Ягідне
- ③ - Тур'я-м.Ковель
- ④ - Стохід-с.Сварині
- ⑤ - Вирка-с.Сварині
- ⑥ - Случ-с.Громада
- ⑦ - Тия-с.Броники
- ⑧ - Смолка-с.Сусли
- ⑨ - Уборть-с.Рудня Іванівська
- ⑩ - Уборть-с.Перга
- ⑪ - Уж-м.Коростень
- ⑫ - Прип'ять - с. Річниця

**Зони водності:**

- I-а** - Поліська область надмірної водності
- II-б** - Правобережна Дніпровська область достатньої водності
- межі гідрологічних районів
- ⑬ - Прип'ять - с. Любязь

Рис. 29.21. Екологічно допустимі об'єми відбору води з річок ( $W_e$ ), у % від середньо багаторічної норми стоку для листопада

Для р. Уборті біля с. Рудня Іванівська у січні така нестача води може пояснюватися впливом факторів: насип ґрунтової дороги, вище поста, який перетинає заплаву; в басейні річки до створу поста є 13 ставків

загальною площею 151 га; річище каналізоване і спрямлене; береги задерновані. Все це сприяє збільшенню екологічно допустимих мінімальних витрат води у період січня, що веде до зменшення відборів води з річки.

Для березня (рис. 29.19) характерно максимальні відбори води з усіх досліджуваних річок, вони змінюються у межах для березня – 12,6%–69,3%.

У період серпня (рис. 29.20) для більшості досліджуваних річок неможливий відбір води. Найбільша потреба у воді спостерігається на р. Турія біля м. Ковель (961,0%) і на р. Вирка біля с. Сварині (670,0%). Це пояснюється як природним, та і антропогенним впливом багатьох факторів: зміна кліматичних умов (теплі зими з частими відлигами), літо (вологе і дощове); значна зарегульованість ставками і водосховищами, незадовільний технічний стан осушувально-меліоративних систем, значна забудова заплавл, невірні агротехнічні заходи, скиди стічних вод тощо.

Однак на р. Случ біля с. Громада і р. Уборть біля с. Перга можливі відбори води в ці місяці в межах на р. Случ біля с. Громада (48,4%), а на р. Уборть біля с. Перга (52,8%). Це пояснюється, по-перше, тим, що річки належать до середніх річок з більшими площами водозбору, внаслідок чого дренуються глибокі водоносні горизонти, збільшуються запаси підземних вод (зокрема, ґрунтових), збільшується глибина ерозійного урізу русла, майже відсутня заболоченість річок відповідно (5% і 6%). Зокрема, верхів'я Случі розміщене в Лісостепу Придніпровської височини, в межах УКЩ і Подільської платформи. У цій частині поширені денудаційні форми на кристалічній основі. Розвинуті еолові утворення (горби, пасма, дюни), здебільшого закріплені сосновими лісами. Землі на посту біля Громада використовуються під сільськогосподарські угіддя і сади, частково задерновані. Ґрунт суглинистий і супіщаний, що сприяє збільшенню екологічно допустимих мінімальних витрат води.

По-друге, на р. Случ біля с. Громада в 1968 році вздовж правобережної заплави вирита осушувальна канава шириною 2,0–4,0 м. На режим річки впливає робота греблі ГЕС, яка розміщена в 3,0 км вище поста біля с. Любар. Значний вплив на режим річки здійснюють греблі і ставки, які розміщені в басейні річки. До створу поста є 82 ставки загальною площею 738 га, об'ємом в межень 8,0 млн куб. м, а також 2 водосховища загальною площею 103 га і об'ємом в межень 2,3 млн куб. м. А також на р. Уборть біля с. Перга на режим річки впливають ставки, які розміщені в басейні річки. До створу поста є 28 ставків загальною площею 320 га і об'ємом в межень 4,5 млн куб. м, а також 3 водосховища загальною площею 204 га і загальним об'ємом в межень 2,4 млн куб. м. Всі ці фактори впливають на зарегулювання стоку з одного боку, а з іншого відбувається урівноваження меженних витрат води за рахунок

природних чинників і більшій площі водозбору, що дозволяє здійснювати відбори води з річок.

У період листопада (рис. 29.21) на більшості досліджуваних річках вже можливі відбори води у межах відповідно у листопаді (10%–80%), окрім р. Вирки біля с. Сварині.

При більшій кількості гідрологічних постів на річках районування території Прип'ятського Полісся буде більш точним і достовірним.

Розглянуті приклади розрахунків свідчать, що в основному розрахункові критерії задовольняють основним принципам методики визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води при різних умовах формування стоку. Потрібно лише враховувати різну тривалість основних фаз водного режиму. Так, в басейнах річок Полісся повеневий період припадає на другу декаду березня, а вегетаційний період починається в першій декаді квітня. Тоді як в степовій зоні зимова межень в річках триває лише два місяці – грудень, січень; повеневий період припадає на лютий і може тривати до квітня, а літня межень починається з травня [22]. Тоді як в зоні Полісся літня межень починається з червня.

Тому, незважаючи на незначний діапазон коливань розрахункових критеріїв їх визначення необхідно обґрунтовувати по кожній річці. Наприклад, в період зимової межені в руслі річки Тні для забезпечення переміщення ґрунтових фракцій достатня середня швидкість 0,25 м/с, а для річки Вирки 0,1 м/с, тому що вона віднесена до малих річок з глибинами в межень 0,1–0,15 м; оскільки водозабір річки характеризується незначною глибиною врізу (0,1–0,15 м), поступовим переходом від інтенсивно заболочених долинних геоморфологічних рівнів (заплава, надзаплавні тераси) до низьких і часто також заболочених вододілів. Річковий стік тут формується під значним впливом напірних вод верхньокрейдяних горизонтів. Похил русла річки незначний, річка має повільну течію [22].

Враховуючи зазначені особливості в повній відповідності з методикою, виконано розрахунки і визначено екологічно допустимі мінімальні витрати води і екологічно допустимі об'єми відбору стоку для десяти річок (дванадцяти гідрологічних постів), які протікають в Прип'ятському Поліссі України.

Аналіз результатів такого визначення для досліджуваних річок Полісся (табл. 29.5) показав, що за умовами збереження функціонування річкових екосистем як водних об'єктів живої природи від виснаження і деградації допустимий об'єм відбору річкового стоку вище вивчених гідростворів знаходиться в межах (25–48%), окрім річок Стохід – с. Малинівка, Тня – с. Броники, Смолка – с. Сусли, Уборть – с. Перга, Уборть – с. Рудня Іванівська, в яких ця межа досягає (50–65%). При цьому слід зауважити, що ця величина складається не тільки із об'ємів

безповоротного водоспоживання, а в ній зосереджені всі витрати річкового стоку (вище гідростворів) внаслідок господарської діяльності людини. А для річок Стохід, Тня, Уборть є значні резерви водовіддачі за рахунок руслового регулювання стоку.

Таблиця 29.5

Оцінка екологічно допустимого об'єму відбору стоку  
за умови збереження річкових екосистем  
(на прикладі досліджуваних річок Полісся України)

Назва річки, гідрологічного посту	Об'єм річкового стоку			
	Середнє багаторічне значення (норма), млн м <sup>3</sup>	Екологічно допустимий об'єм, $W_e$ , млн м <sup>3</sup>	Допустимий для відбору із річки	
			млн м <sup>3</sup>	% від норми стоку
Прип'ять – с. Річиця	258,6	185,5	73,1	28,3
Прип'ять – с. Любязь	389,8	298	91,8	23,6
Вижівка – с. Стара Вижівка	83	48,2	34,8	41,9
Тур'я – с. Ягідне	47	24,3	22,7	48,3
Тур'я – м. Ковель	137	83,8	53,2	38,8
Стохід – с. Малинівка	58	22,7	35,3	60,9
Вирка – с. Сварині	25	18,6	6,4	25,6
Случ – с. Громада	267	165,8	101,2	37,9
Тня – с. Броники	114	39,7	74,3	65,2
Смолка – с. Сусли	63	31,2	31,8	50,5
Уборть – с. Рудня Іванівська	59	28,7	30,3	51,4
Уборть – с. Перга	379	151,4	227,6	60,0
Уж – м. Коростень	140	73,1	66,9	47,8

Важливо зазначити, що досліджувані водні об'єкти протікають в зоні Полісся України, для якої характерні: достатнє та надлишкове



зволоження території басейну річки, максимальне забезпечення річкового стоку під час повені, більший мінімальний стік у літньо-осінню межінь. Внаслідок того, що гідропости розміщені у верхів'ях річок, де стік перебуває в природному стані, тому екологічно допустимі об'єми відбору з річок є дещо завищеними.

Забір води з поверхневих та підземних джерел на виробничі, господарські потреби та риборозведення у басейнах досліджуваних річок не перевищує допустимий об'єм річкового стоку, який встановлений для відбору згідно з розрахунками. Більшість підприємств використовують для водоспоживання підземні водні ресурси.

Тому, виходячи із екологічно допустимого об'єму безповоротного водоспоживання в межах водозабірної басейну річки обов'язково необхідно визначити екологічний стік для збереження здатності водної екосистеми до саморегуляції, самоочищення і самовідновлення.

Нормативи гранично допустимого внутрішньорічного безповоротного відбору річкового стоку і екологічний стік (попуск) повинні встановлюватися диференційовано для кожного водного об'єкту в різних гідростворах.

Зауважимо, що дослідники М.Г. Хубларян, В.С. Ковалевський, М.В. Болгов у своїй статті [28] стверджують, що сезонна і багатолітня нерівномірність поверхневого стоку, особливо в долинах малих річок і середніх річок, обмежує можливості раціонального, безперебійного і екологічно безпечного використання водних ресурсів. Значна частина стоку річок, навіть на зарегульованих каскадом водосховищ, примусово скидається під час нетривалого весняного періоду. Разом з тим у маловодні періоди нерідко виникають дефіцити води, які створюють кризові ситуації в водопостачанні населення і галузей економіки.

Тому вирішення проблеми підвищення ефективності і екологічно безпечного освоєння водних ресурсів окремих водозборів розглядається у використанні родовищ підземних вод як своєрідних підземних водосховищ для погашення виникаючих час від часу дефіцитів стоку в маловодні періоди. При цьому природне поповнення відроблених запасів підземних вод в районі таких компенсаційних водозборів відбудеться в наступні багатоводні періоди року. Але ефективність функціонування систем сумісного використання поверхневих і підземних вод багато в чому залежить від їх оперативного моніторингу.

Враховуючи те, що режим поверхневих вод (навіть на зарегульованих річках) значною мірою випадковий і тому важко прогнозується, визначити наперед час зниження розмірів стоку до встановлених меж, коли треба буде включати водозабори підземних вод, можна лише по даним оперативних спостережень за стоком в замикаючому створі.

Автор поділяє погляди І.П. Айдарова, Є.В. Веніціанова, Д.Я. Ратковича [29], які вважають, що у зв'язку з повсюдним скороченням в останні роки кількості станцій спостережень за режимом і якістю природних вод потрібно вжити заходів щодо відновлення гідрологічних постів і розширення обсягів спостережень.

### *Література до розділу*

1. Яцик А. В., Холоденко В. С. Оцінка екологічно допустимого рівня відбору води з річок у різну їхню водність. *Водне господарство України* : наук.-техн. журнал. 2007. № 5. С. 29–34.
2. Хільчевський В. К. Водна політика: світові тенденції, стан в Україні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія* : період. наук. збірник / гол. редактор В. К. Хільчевський. Київ, 2023. № 4(70). С. 6–22. URL: [https://hydro-chemistry-ecology.knu.ua/wp-content/uploads/2023/12/1\\_2023\\_470.pdf](https://hydro-chemistry-ecology.knu.ua/wp-content/uploads/2023/12/1_2023_470.pdf) (дата звернення: 10.12.2023).
3. Boretti A. Rosa L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. *npj Clean Water*. 2019. Vol. 2 (15). P. 1–6. doi:10.1038/s41545-019-0039-9.
4. Водний кодекс України. *Відомості Верховної Ради України*. 1995. № 24. Ст. 189. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 10.12.2023).
5. Методические рекомендации по сохранению водности малых рек на территории УССР. К., 1990.
6. Руководство по проектированию мероприятий по улучшению экологического состояния малых рек Украины Т-343: Этап 1 «Рекомендации по проектированию мероприятий по улучшению экологического состояния малых рек Украины». К., 1992. 36 с.
7. Методика визначення екологічно допустимих рівнів відбору води з річок з метою збереження сталого функціонування їх екосистем / Яцик А. В., Бишовець Л. Б., Кириченко С. М., Кудріна А. В., Аніщенко Л. Г., Чураєвська Н. М., Свердлов Б. С., Холоденко В. С. ; за наук. кер. А. В. Яцика. К. : Оріяни, 2002. 48 с.
8. Холоденко В. С. Встановлення екологічно допустимих рівнів відбору води з річок Західного Полісся України. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування* : зб. наук. пр. Рівне : НУВГП, 2008. Вип. 1(41). С. 78–83.
9. Холоденко В. С. Обґрунтування методичного підходу до визначення екологічно допустимих рівнів відбору води з річок. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія* : наук. зб. / відп. редактор В. К. Хільчевський. К. : ВГЛ Обрії, 2008. Т. 15. С. 34–42.

10. Холоденко В. С. До визначення екологічно допустимого рівня відбору води з річок. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія* : наук. зб. / відп. ред. В. К. Хільчевський. К. : ВГЛ Обрії, 2008. Т. 14. С. 138–144.

11. Ободовський О. Г. Руслові процеси : навчальний посібник. К. : РВЦ «Київський університет», 1998. 134 с.

12. Управление состоянием экосистемы и качеством воды в устьевом участке Днепра / Окснюк О. П., Тимченко В. М., Полищук В. С. и др. Киев : Ин-т гидроб. НАНУ, 1997. Ч. 2. 48 с.

13. Стеблевец Д. П., Стеблевец П. П. Перспективи використання річкового стоку на Прип'ятському Поліссі. *Українське Полісся: вчора, сьогодні, завтра* : зб. наук. пр. Луцьк : Надстир'я, 1998. С. 67–68.

14. Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). К. : Ніка-Центр, 2001. 274 с.

15. Закревський Д. В. Річки Українського Полісся в умовах техногенезу: трансформація хімічного складу води. *Водне господарство України*. 1996. № 5. С. 19–22.

16. Яцик А. В. Водогосподарська екологія : у 4-х томах, 7 кн. / А. В. Яцик. К. : Генеза, 2004. Т. 2, кн. 3–4. 384 с.

17. Маринич О. М., Шищенко П. Г. Фізична географія України : підручник. 3-тє вид., стер. К. : Т-во «Знання», КОО, 2006. 511 с.

18. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). К. : Ніка-Центр, 2010. 316 с.

19. Корнієнко В. О., Ободовський О. Г., Лук'янець О. І. Оцінка багаторічної мінливості середнього річного стоку води річок басейну Прип'яті в межах України та його розрахункові характеристики у фазі водності. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія* : період. наук. збірник / гол. редактор В. К. Хільчевський. К., 2021. № 3(61). С. 33–41. URL: [https://hydro-chemistry-ecology.knu.ua/wp-content/uploads/2021/10/4\\_%D0%93%D0%93%D0%93361.pdf](https://hydro-chemistry-ecology.knu.ua/wp-content/uploads/2021/10/4_%D0%93%D0%93%D0%93361.pdf) (дата звернення: 10.12.2023).

20. Горкавий В. К., Ярова В. В. Математична статистика : навч. посіб. К. : Професіонал, 2004. 384 с.

21. Исследование руслоформирующих расходов вод малых рек Украины (Заключительный отчет) / под науч. руков. Е. С. Цайтц, Н. Г. Ободовский. К. : УНИИВЭП, 1990. 119 с.

22. Малі річки України : довідник / за ред. Яцик А. В., Бишовець Л. Б., Богатов Є. О. та ін. К. : Урожай, 1991. 296 с.

23. Справочник по водным ресурсам / под ред. Стрельца Б. И. К. : Урожай, 1987. 304 с.

24. Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології. К. : Видавн. дім КМ «Академія», 2002. 203 с.

25. Чекотовський Е. В. Графічний метод у статистиці (на основі програми EXEL) : навч. посіб. К. : Знання, 2000. 518 с.
26. Розподіл стоку річок УРСР по сезонах і місяцях / за ред. Швець Г. І. К. : Вид-во Інституту гідрології і гідротехніки АН УРСР, 1946. 108 с.
27. Мониторинг, использование и управление водными ресурсами бассейна р. Припять / под общ. ред. Калинина М. Ю. и Ободовского А. Г. Минск : БЕЛСЭНС, 2003. 269 с.
28. Хублярян М. Г., Ковалевский В. С., Болгов М. В. Концепция управления водно-ресурсными системами на основе совместного использования поверхностных и подземных вод. *Водные ресурсы*. 2005. № 5, Т. 32. С. 617–624.
29. Айдаров И. П., Веницианов Е. В., Раткович Д. Я. К проблеме экологического возрождения речных бассейнов. *Водные ресурсы*. 2002. № 2, Т. 29. С. 240–252.

### 30. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РІЧКОВИХ БАСЕЙНІВ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

На сьогодні все більшої уваги приділяється питанню екологічного стану річок та їх водозбірних територій, адже вони є основними ключовими елементами. Зростаючий вплив суспільства на довкілля, який призводить до значного погіршення їх екологічного стану, потребує проведення комплексних досліджень з метою аналізу та оцінки антропогенних змін в басейнах малих річок України.

Інтегральним показником стану навколишнього середовища водозбірної площі є стан геосистеми в цілому, гідрологічний режим території, водність та якість води у річці. Кінцевою ланкою в забрудненні цієї екосистеми є безпосередньо водний об'єкт, в якому відбуваються зміни фізико-хімічних параметрів середовища, надходження надмірної кількості біогенних, токсичних та радіоактивних речовин, масовий розвиток токсинопродукуючих видів водоростей, зменшення відтворної функції водної біоти, включення до біотичного кругообігу речовин токсичної природи, зміна гідрохімічного складу, фізичних і біологічних властивостей води, забруднення джерел питного водопостачання (Сніжко, 2001; Яцик, 2004; Processes–, 2016; Gopchak, Basiuk, Bialyk, Pinchuk, Gerasimov, 2019).

Антропоцентричний підхід до оцінки стану водного середовища з охорони водних ресурсів призвів до порушення екологічної рівноваги в річкових басейнах і виникнення низки водогосподарсько-екологічних проблем, зокрема: разом із деградацією малих річок знизилось біорізноманіття річкової іхтіофауни і рибопродуктивність водного середовища за аборигенними видами риб, погіршилась якість води і рекреаційні характеристики, відбувається інтенсивне старіння та замулення річкової мережі. Особливо суттєві антропогенні зміни стали проявлятися в останні десятиріччя. Наразі річкова мережа України у більшості трансформована як за руслами, так і за басейнами, які потребують запровадження системи заходів для покращення їх стану.

Антропогенне навантаження – показник величини постійного узагальненого впливу людської діяльності на геосистеми, які зумовлюють певні зміни в їхній структурно-функціональній організації (Толстоусов, 2007). Теоретичним підґрунтям визначення антропогенного навантаження на басейни річок є наукові засади сучасної ландшафтної екології та конструктивної географії, розроблені в працях В. Вишневського (Вишневський, 2003).

Антропогенне навантаження на річкові басейни потрібно розглядати з двох позицій: перетворення поверхні водозбірного басейну: вирубування

лісів, розорювання земель поверхні басейну, меліорація земель, нераціональне внесення добрив або недбале зберігання складів пестицидів, надмірний випас худоби у заплавах річок, селітебність басейну та перетворення самих річок: зарегульованість русла річки, забір води та водовідведення, скидання забруднених вод у річку та ін. (Яцик, 2004; Методологія–, 2012). Сучасний екологічний стан водозборів є індикатором антропогенного навантаження, перш за все, на водні та земельні ресурси та відображенням їх нераціонального використання. Це призводить до погіршення екологічного стану в басейні річки, зокрема малих річок Західного Полісся України.

Тому особливої актуальності набувають дослідження антропогенної трансформації в басейнах малих річок для встановлення залежності змін від інтенсивності антропогенних навантажень. Оцінка антропогенного навантаження на басейн річки є дуже важливою, насамперед для формування природоохоронної діяльності у річковому водозборі та встановлення показників, що найбільше впливають на її екологічний стан. Вивчення антропогенного впливу, ступеня його прояву та напрямів подальших змін у річкових басейнах є важливим елементом у розробці подальшої стратегії відновлення, збереження і управління цими ландшафтними комплексами.

Теоретичним, методологічним і методичним аспектам вивчення антропогенного впливу на екосистеми басейнів річок присвячені наукові праці вчених-географів, гідрохіміків, гідромеліораторів й екологів Вишневського П., Кирилюка О. Левківського С., Мисковця І., Морокова В., Рибалова О., Соловей Т., Тимченка З., Хільчевського В., Цветової О., Ясенчука Т., Яцика А. та ін. В основі досліджень сучасного екологічного стану водозбірних площ, різних аспектів антропогенного впливу на ці геокомплекси та раціонального використання водних ресурсів є басейновий підхід (Кирилюк, 2007; Сташук, Мокін, Гребінь, Чунар'єв, 2014; Методика–, 2015). В низці наукових публікацій відображено результати прикладних досліджень, в основі яких використано вище зазначений методологічний підхід.

Мета дослідження – оцінка екологічного стану річкових басейнів Західного Полісся України за рівнем антропогенного навантаження.

Об'єктом дослідження обрано малі річки території Західного Полісся України.

Визначальним фактором при виборі об'єкта досліджень було наявність вихідних даних для виконання розрахунків та матеріалів моніторингових спостережень, а також те, що за природними, фізико-географічними та соціально-економічними умовами дані басейнів є типовими для регіону Західного Полісся і забезпечують можливість виконання розрахунків і проведенні оцінки їх екологічного стану.

Оцінку екологічного стану річкових басейнів малих річок Західного Полісся України проведено із застосуванням критеріїв антропогенного навантаження відповідно до «Методики розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України» (Методика–, 2007).

Побудована за екосистемним принципом логіко-математична модель ієрархічної структури (рис. 30.1) призначена для класифікації антропогенного стану в басейнах річок і складається з аналізу чотирьох підсистем (радіоактивне забруднення території; використання земель; використання річкового стоку; якість води) та басейну річки в цілому.

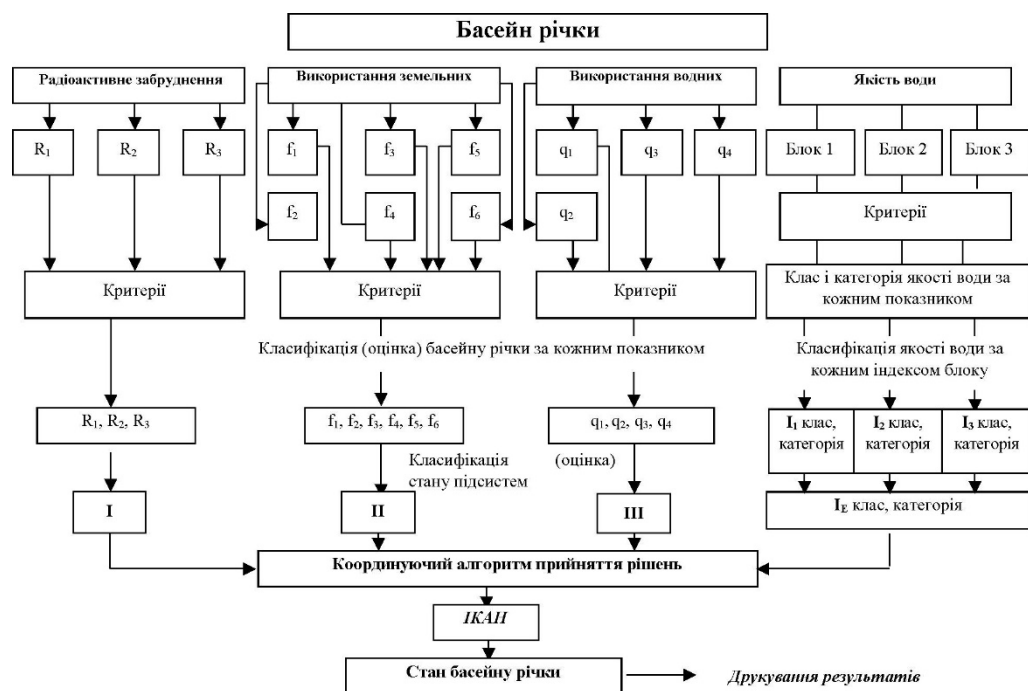


Рис. 30.1. Структурна схема системної логіко-математичної моделі і класифікації (оцінки) стану басейну малої річки

Це дозволяє оцінити не лише загальний стан басейну річки, а й скласти уявлення про те, як зміни окремих показників підсистем впливають на стан всієї системи басейну, що є дуже важливим для формування напрямів природоохоронної діяльності в басейнах конкретних річок. Користуючись логіко-математичною моделлю «Басейн малої річки», можна поступовим наближенням встановити для кожної річки ті величини навантаження, які не призведуть до втрати самоочисної здатності її екосистем.

Кожна підсистема характеризується набором критеріїв і показників за порівнянням яких класифікують стан басейну річки відносно кожного показника, а за їхніми оцінками – усієї підсистеми. На верхньому рівні ієрархії знаходиться «Координуючий алгоритм прийняття рішень», де за оцінками нижнього рівня розраховується величина рівня антропогенного навантаження на басейн річки і оцінюється загальний екологічний стан басейну річки. В результаті оцінюють антропогенний стан басейну річки кількісно і якісно, тобто кожна кількісна оцінка має і якісну характеристику та навпаки. Така структура розрахункової моделі не лише забезпечує оцінку загального екологічного стану системи, а й дає можливість передбачити те, як зміна окремих показників підсистем впливатиме на стан всієї системи, її господарський потенціал відтак спрямовувати зусилля на покращення того показника, який найбільше впливає на стан всієї системи. Важливою особливістю запропонованої системної моделі є можливість збільшувати при її удосконаленні кількість показників у підсистемах і навіть вводити нові підсистеми. Крім того, позитивним є те, що оцінка станів системи, підсистем у цій моделі виконується паралельно за двома напрямками – кількісним і якісним: оцінюється якісний стан показників підсистем, при чому на множині станів окремих підсистем визначається кількісна міра, а на основі кількісних мір окремих підсистем визначається кількісна міра всієї системи (Методика– 2007; Яцик–, 2015; 2018; 2019).

Вихідними даними для розрахунку антропогенного навантаження і оцінки екологічного стану басейну річки є:

1) Підсистема «Радіоактивне забруднення території» ( $C_i$  в  $Ki/km^2$ ), яка оцінюється за показниками:

- цезію-137, ( $R_1$ ) – ( $CS_{137}$ );
- стронцію-90, ( $R_2$ ) – ( $Sr_{90}$ );
- плутонію-239, 240 ( $R_3$ ) – ( $Pu_{239}$  і  $240$ ).

2) Підсистема «Використання земель», яка оцінюється за показниками антропогенного впливу на земельні ресурси ( $f_i$ ):

- лісистість ( $f_1$ ) – відношення сумарної площі лісів, лісосмуг та дерево-чагарникової рослинності до загальної площі басейну річки, %;

- ступінь природного стану ( $f_2$ ) – відношення площі угідь, що знаходяться в природному стані (боліт, водних територій, лісів природного та штучного походження, захисних водоохоронних насаджень, заповідних територій, а також площі пасовищ, сіножаті, покладів) до загальної площі басейну річки, %;

- сільськогосподарська освоєність території ( $f_3$ ) – відношення площі всіх сільськогосподарських угідь до загальної площі басейну, %;

- розораність ( $f_4$ ) – відношення площі орних земель, включаючи присадибні землі, сади, городи до загальної площі басейну, %;



- урбанізація ( $f_5$ ) – відношення площі земель населених пунктів, промислових і транспортних підприємств до загальної площі басейну, %;
- еродованість ( $f_6$ ) – змив ґрунту, т/га за рік.

Система класифікації стану використання земель у басейнах річок включає два види класифікацій: класифікацію рівня використання земель у басейні річки стосовно кожного показника ( $f_i$ ); класифікацію стану використання земель у басейні річки за рівнем спільного впливу всіх зазначених показників ( $f_i$ ) на стан всієї підсистеми.

3) Підсистема «Використання річкового стоку» в басейнах річок оцінюється за показниками:

- фактичне використання річкового стоку річок ( $q_1$ );
- безповоротне водоспоживання ( $q_2$ );
- скид води у річкову мережу ( $q_3$ );
- скид забруднених стічних вод у річку ( $q_4$ ).

Кожне значення розраховується окремо з використанням таких даних, як об'єм забору води з річкової мережі ( $W_3$ ); об'єм втрат річкового стоку внаслідок відбору підземних вод, які гідравлічно пов'язані з річковою мережею ( $W_B$ ); фактичний об'єм річкового стоку ( $W_\phi$ ); об'єм скиду води в річкову мережу ( $W_C$ ); об'єм скиду в річкову мережу забруднених стічних вод ( $W_{3B}$ ).

Оцінка стану використання річкового стоку в басейні річки здійснюється, як і в попередній підсистемі, на підставі двох класифікацій: класифікації рівня використання річкового стоку за кожним показником  $q_i$  та класифікації загального стану використання річкового стоку за рівнем впливу всіх зазначених показників, які характеризують вплив антропогенного навантаження на стан всієї підсистеми «Використання річкового стоку».

4) Підсистема «Якість води» оцінювалася відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (Методика, 1998) та «Методики встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України» (Методика–, 2001) за показниками, які було згруповано у три блоки:

- блок показників сольового складу води ( $I_1$ );
- блок трофосапробіологічних (еколого-санітарних) показників ( $I_2$ );
- блок специфічних речовин токсичної дії ( $I_3$ ).

На основі отриманих результатів по кожному блоку показників було визначено інтегральний екологічний індекс якості води ( $I_E$ ), який є середнім арифметичним значенням попередніх трьох індексів.

Серед усіх чотирьох підсистем «Якість води» є найбільш вагомою – її внесок в загальний стан басейну річки складає 50%, тоді як внесок підсистеми «Використання земель» – 30%, а підсистеми «Використання річкового стоку» – 20%.

Згідно з методикою (Методика–, 2007) значення первинних показників підсистеми використання земельних і водних ресурсів було трансформовано в бали й надано якісну характеристику кожному з них. Згодом розраховано комплексний показник і визначено клас стану використання підсистеми.

У підсумку рівень спільного впливу чотирьох підсистем на стан басейну річки визначають за значеннями індукційного коефіцієнта антропогенного навантаження (ІКАН). Вихідними даними для його розрахунку є поточні значення визначених по кожній підсистемі числової міри оцінки їх стану. За величиною ІКАН, як числової міри якісного стану всієї системи визначають стан: «добрий», «зміни незначні», «задовільний», «поганий», «дуже поганий», «катастрофічний». Та чи інша оцінка (клас) стану басейну відображає ступінь антропогенного навантаження і реакцію екосистеми на це навантаження.

За такої структури моделі можна оцінити не лише загальний стан басейну річки, а й скласти уявлення про те, як зміни окремих показників підсистем впливають на стан всієї системи басейну в цілому. Застосування цієї моделі поширюється на малі і деякі середні річки. Загальні вимоги і єдині критерії, закладені в ній, є основою для здійснення водогосподарсько-екологічного районування та з'ясування тенденцій змін екологічного стану басейнів великих річок (Яцик, Гопчак, Пашенюк, Басюк, 2015).

Дослідження виконано з використанням загальнонаукових і спеціальних методів досліджень. Було застосовано наступні методи: теоретичні; наукового узагальнення; системного та комплексного аналізу; географо-гідрологічні; геосистемо-гідроекологічні; водогосподарсько-гідрологічні (для ландшафтно-гідрологічного аналізу та узагальнення результатів екологічних і гідрологічних спостережень); аналітичні (для оцінки екологічного стану); математико-статистичні (для обробки спостережень); ГІС технологій (для побудови карт басейнів малих річок).

Вихідними даними для досліджень були статистичні і картографічні дані екологічного стану та використання земельних і водних ресурсів в басейнах малих річок Західного Полісся України. Опрацьовано відкриті джерела інформації Міністерства екології та природних ресурсів України, моніторингові дані Державного агентства водних ресурсів України, матеріали рекогносцирувальних досліджень Українського науково-дослідного інституту водогосподарських проблем, дані Державного земельного кадастру України та Інституту землеустрою Національної академії аграрних наук України, проекти внутрішньогосподарського землеустрою, матеріали ґрунтового обстеження земель і річок, технічна документація по встановленню водоохоронних зон і прибережних смуг річок і водойм, регіональні схеми протиерозійних заходів, архівні

матеріали, паспорти річок. Вихідна інформація була згрупована, систематизована та сформована у відповідні бази даних за напрямком досліджень.

Річкова мережа Західного Полісся України території дослідження досить добре розвинена. Це пояснюється достатньою кількістю опадів, геологічною будовою, рельєфом та температурним режимом. Гідрографічна мережа досить густа, хоч її розподіл нерівномірний. Більшість річок мають широкі долини з часто заболоченими заплавами. Течія річок повільна (Паламарук, Закорчевна, 2001).

Для даного дослідження було обрано 24 річкових басейнів, розташованих в межах території Західного Полісся України.

Річки, які протікають на території дослідження, належать до басейну Дніпра і є притоками (правими) р. Прип'ять. Гідрографічна мережа Західного Полісся – це 1506 річок загальною довжиною 11,12 тис. км, із них 1494 – це малі річки, загальною довжиною 9,19 тис. км. Для річок Західного Полісся України та їх басейнів особливий вплив становить осушення боліт. Особливо чутливими до такого впливу виявились малі річки, які характеризуються незначною швидкістю течії (0,1–0,2 м/с) (Яцик, Гопчак, Басюк, 2018; Гопчак, 2021).

Річкові басейни Західного Полісся України перебувають під потужним антропогенним навантаженням. Усі процеси, які відбуваються в басейні річок і які сприяють перетворенню самих річок, безпосередньо позначаються на річці, її морфометричних та гідрохімічних характеристиках, що в свою чергу, можуть виступати як індикатор антропогенного навантаження на басейні річок.

При розрахунку антропогенного навантаження в басейнах річок Західного Полісся України оцінка стану за підсистемою «**Радіоактивне забруднення території**» не враховувалась, оскільки радіоактивних елементів при дослідженні виявлено не було. Тому можна вважати, що екологічний стан басейну річки оцінено як «задовільний» із кількісною мірою 0. Надалі дана підсистема не впливатиме на розрахунок індукаційного коефіцієнта антропогенного навантаження.

Підсистема «**Використання земель**». У басейнах більшості річок, які досліджувалися, земельні ресурси використовуються незадовільно.

Серед показників використання земельних ресурсів особливе місце займає показник лісистості басейну. Ліс є головним фактором у формуванні ландшафту та екосистем, відіграє велику кліматотворчу роль. Залісеність території також позитивно впливає на водність річки. Зокрема, ліс безпосередньо впливає на кількість поглинутої вологи і тому є фактором, який зменшує поверхневий стік, а також створює більш сприятливі умови для поглинання води ґрунтом, поліпшує умови живлення підземних вод, тобто переводить поверхневий стік у підземний.

Чим більша лісистість басейну, тим є меншою ймовірність виникнення і розвитку ерозійних процесів. Чим нижче значення коефіцієнта, тим менше відповідність природній лісистості та вищий вплив господарської діяльності людини (Хімко, Мережко, Бабко, 2003; Данильченко, 2019).

Під впливом лісу на 3–8% і більше зростає кількість опадів, різко (в 2–10 разів) зменшується поверхневий стік, знижуються максимальні витрати, збільшується частка підземного стоку в річковому стоці (Будз, 2000). Ґрунтотворча та ґрунтозахисна функції лісів не потребують особливого пояснення.

Лісистість території дослідження коливається в значних межах (рис. 30.2). За розрахунками з 24 басейнів малих річок Західного Полісся лише 35% басейнів ліси займають 33 і більше відсотків території, а на решті лісистість складає переважно до 27%. Найбільші лісовкриті площі відмічаються в межах окремих басейнів малих річок Веселуха (50,5%), Кормин (49,3%), Льва (48,0%), Стубла (46,4%). Найменший показник лісистості – в басейнах річок Полква (5,1%) та Черногузка (7%), Липа (10,4%).

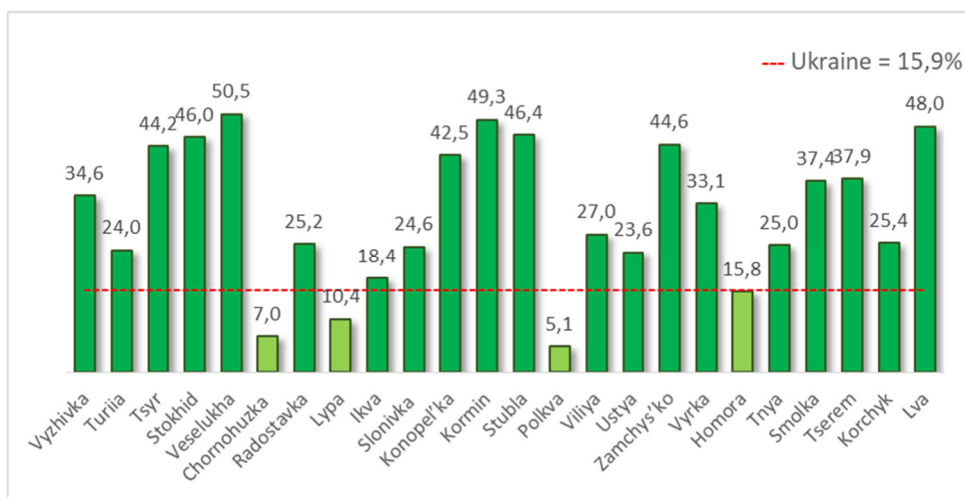


Рис. 30.2. Лісистість басейнів річок малих річок Західного Полісся України, %

Важливо зазначити, що для малих річок Західного Полісся України оптимальна лісистість водозборів становить більше 50% при загальній лісистості для зони мішаних лісів – до 40%. Середня лісистість для території України становить 15,9%. Для порівняння: у Німеччині лісами зайнято 29,6% територій, у Франції – 27,8%, у США – 24,3%. І це середній показник для усіх природних зон, які є на території цих країн (Гопчак, 2021). При набагато меншій екологічній потребі в лісистості України

взагалі, а Західного Полісся зокрема, сільськогосподарська освоєність території країни перевищує 72%, а розораність сягає понад 57%; частка орних земель у загальній площі сільськогосподарських угідь становить майже 80%, а під луками і випасами лише 12,9% (Яцик, 2004).

Частка площі водозборів, яка використовується сільським господарством (сільськогосподарська освоєність), коливається від 31,6% (р. Стубла) до 85,2% (р. Полква) при переважаючих значеннях від 52 до 69%.

Розораність водозборів також коливається в значних межах – від 17,8% (р. Веселуха) до 70,1% (р. Черногузка) при переважних значеннях 40–60%. Особливо значні межі коливань такого показника стану використання земельних ресурсів, як еродованість – змив ґрунту, який коливається в межах менших 2 т/га рік (р. Цир) до 33,2 т/га рік (р. Липа). На рис. 3 наведено картосхему показників еродованості та розораності басейнів малих річок території Західного Полісся України.

У табл. 30.1 наведено стан основних показників земельних ресурсів у басейнах малих річок, які досліджувалися.

Таблиця 30.1

Розподіл загального гідроенергетичного потенціалу малих річок  
Українського Полісся

Оцінка стану	Показник											
	Лісистість		Ступінь природного стану		Сільгосп-освоєність		Розораність		Урбанізація		Еродованість – змив ґрунту	
	к-сть	%	к-сть	%	к-сть	%	к-сть	%	к-сть	%	к-сть	%
Добрий	4	16,7	1	4,2	9	37,5	7	29,2	10	41,7	8	33,3
Покращений	7	29,2	5	20,8	5	20,8	4	16,7	6	25,0	2	8,3
Нормальний	2	8,3	5	20,8	0	0,0	0	0,0	3	12,5	1	4,2
Нижче норми	5	20,8	4	16,7	2	8,3	3	12,5	4	16,7	3	12,5
Незадовільний	6	25,0	9	37,5	8	33,3	10	41,7	1	4,2	10	41,7
Всього	24	100	24	100	24	100	24	100	24	100	24	100

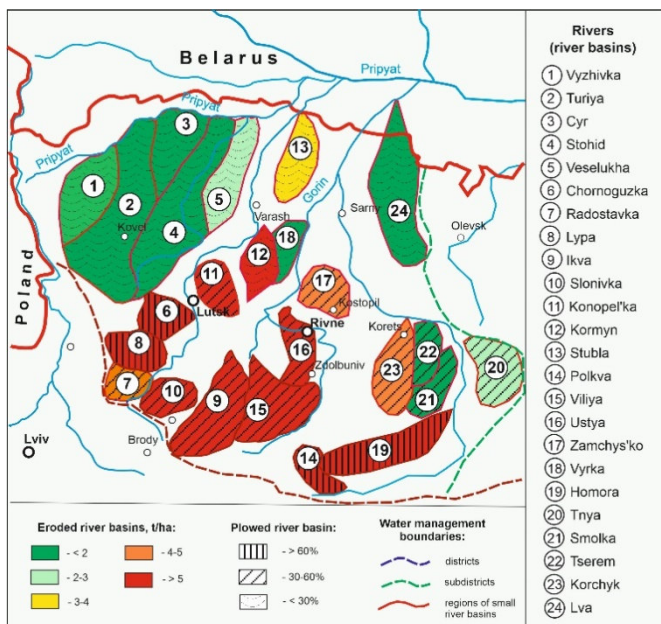


Рис. 30.3. Еродованість та розораність басейнів малих річок Західного Полісся України

Отримані результати показують, що оцінку стану «нижче норми» і «незадовільний» за показниками лісистості мають 45,8% річок; за ступенем природного стану таких річок – 54,2%, за сільськогосподарською освоєністю – 42,1%, за розораністю – 54,2%, за урбанізацією – 20,9% і за ерозійністю – 54,2%. Отже, проведений аналіз стану більшості показників використання земельних ресурсів у басейнах річок області свідчить про те, що майже половина з них (крім урбанізації) незадовільні та далекі від екологічно допустимих.

Узагальнену оцінку антропогенного навантаження і стану використання земельних ресурсів за всіма показниками даної підсистеми наведено в табл. 30.2.

Як свідчать результати дослідження (табл. 30.1, табл. 30.2), стан використання земельних ресурсів басейнів річок далекий від екологічного безпечного. Лише басейни річок Веселуха та Цир мають «добрий» екологічний стан, що становить 8% від загальної кількості розглянутих малих. У п'яти річках – річки Стохід, Кормин, Стубла, Вілія, Льва (21% від загальної кількості) стан їх басейнів оцінюється, як «близько норми», 33% – стан «задовільний». Однак «незадовільний» та «вкрай незадовільний» стан мають дев'ять (38%) басейнів малих річок Західного Полісся України. Як «вкрай незадовільний» оцінено стан басейнів річок Черногузка, Липа, Слонівка, Полква, Хомора.

Розподіл загального гідроенергетичного потенціалу малих річок  
Українського Полісся

№ з/п	Річка	Оцінка стану		№ з/п	Річка	Оцінка стану	
		ІКАН	стан			ІКАН	стан
1	Вижівка	1,1	задовільний	13	Стубла	1,9	близько норми
2	Турія	1,0	задовільний	14	Полква	-3,6	вкрай незадовільний
3	Цир	3,1	добрий	15	Вілія	1,4	близько норми
4	Стохід	2,0	близько норми	16	Устя	-0,7	задовільний
5	Веселуха	3,7	добрий	17	Замчисько	0,6	задовільний
6	Чорногузка	-3,5	вкрай незадовільний	18	Вирка	0,8	задовільний
7	Радоставка	-2,5	незадовільний	19	Хомора	-3,1	вкрай незадовільний
8	Липа	-3,2	вкрай незадовільний	20	Тня	-3,0	незадовільний
9	Іква	-1,4	незадовільний	21	Смолка	-0,6	задовільний
10	Слонівка	-3,2	вкрай незадовільний	22	Церем	-0,4	задовільний
11	Конопелька	0,0	задовільний	23	Корчик	-2,3	незадовільний
12	Кормин	1,5	близько норми	24	Льва	1,7	близько норми

Таким чином, можна зробити висновок, що стан використання земельних ресурсів басейнів малих річок Західного Полісся України у цілому далекий від екологічного безпечного. Майже половина розглянутих басейнів за станом використання земельних ресурсів мають оцінки стану «незадовільний» та «вкрай незадовільний» і лише два річкові басейни мають стан «добрий». Наведені висновки є опорними для визначення відповідних заходів щодо поліпшення стану використання земельних ресурсів малих річок Західного Полісся України.

Підсистема «**Використання річкового стоку**». Характер і стан використання водних ресурсів річок тісно пов'язані з рівнем і особливостями господарської діяльності. Значний вплив на цей стан має прямий забір води з річок та підземних водоносних горизонтів. Характеристики основних показників їх використання зумовлені тим, що майже у всіх прийнятих для дослідження річках забір води здійснюється безпосередньо з русел річок і з підземних водоносних горизонтів, які мають гідравлічний зв'язок з річкою і нею дренується. В окремих басейнах річок (Цир, Веселуха, Радоставка, Слонівка, Церем) весь водозабір становить підземна складова річкового стоку, тобто водозабір здійснюється лише з підземних горизонтів. Для половини малих річок, які вибрані для дослідження, водозабір з підземних горизонтів перевищує або дорівнює забору із річища.

Практично повсюдно малі річки є джерелом сільськогосподарського водопостачання – на окремих річках на ці потреби витрачається до 70% водних ресурсів, які залучені до господарського використання. Для господарсько-побутових потреб витрачається 10–25% загального об’єму річкової води, що використовується (Гопчак, 2021).

Важливим показником стану використання водних ресурсів є величина безповоротного водоспоживання, яка кількісно характеризує ступінь виснаження річки. На більшості малих річок зменшення річкового стоку в середні за водністю роки за рахунок водокористування не перевищує 10%; у маловодні роки ці величини збільшуються, сягаючи в дуже маловодні роки 25–40%. Проте, на річках Слонівка і Церем скид перевищує водозабір. Загалом стан водних ресурсів малих річок Західного Полісся в найбільшій мірі визначається величинами сумарного обсягу води, який витрачає річка при заборі води безпосередньо з русла та підземних горизонтів, а також величинами безпосереднього водоспоживання річкового стоку, надходжень у річкову мережу стічних вод.

За результатами оцінки (класифікацій) стану використання водних ресурсів малих річок Західного Полісся України (табл. 30.3) з урахуванням спільного впливу всіх показників (qі) було встановлено, що у 63% стан басейнів оцінено як «добрий»; у 21% – «задовільний»; у 4% – поганий; у 12% розглянутих річок значення фактичного використання річкового стоку досягло катастрофічних меж (річки Черногузка, Устя, Замчисько).

Таблиця 30.3

Класифікація (оцінка) стану використання водних ресурсів малих річок Західного Полісся України

№ з/п	Річка	Оцінка стану		№ з/п	Річка	Оцінка стану	
		ІКАН	стан			ІКАН	стан
1	Вижівка	3,0	добрий	13	Стубла	3,0	добрий
2	Турія	3,0	добрий	14	Полква	2,2	задовільний
3	Цир	3,0	добрий	15	Вілія	3,0	добрий
4	Стохід	3,0	добрий	16	Устя	-3,8	катастрофічний
5	Веселуха	3,0	добрий	17	Замчисько	-2,8	катастрофічний
6	Черногузка	0,4	катастрофічний	18	Вирка	3,0	добрий
7	Радоставка	3,0	добрий	19	Хомора	0,8	поганий
8	Липа	1,4	задовільний	20	Тня	1,8	задовільний
9	Іква	2,2	задовільний	21	Смолка	3,0	добрий
10	Слонівка	3,0	добрий	22	Церем	2,2	задовільний
11	Конопелька	3,0	добрий	23	Корчик	3,0	добрий
12	Кормин	3,0	добрий	24	Льва	3,0	добрий



Міжнародною нормою водокористування вважається та ситуація, коли з річки використовується не більше 10% стоку. Якщо водокористування перевищує 20%, то водний об'єкт належить до числа неспроможних забезпечити соціально-економічний розвиток регіону, в якому він знаходиться, що і спостерігається у даному випадку. Крім того, екологічна ситуація погіршується через те, що малі річки швидко реагують на надходження стічних вод, навіть коли їх обсяг по відношенню до фактичного обсягу стоку класифіковано як задовільний, оскільки у ряді випадків нездатні розбавити до екологічно безпечного рівня забруднені стічні води.

Підсистема «**Якість води**» призначена для екологічного оцінювання якості поверхневих вод і класифікації стану басейну річки за рівнем антропогенного забруднення води.

Необхідно зауважити, що за хімічним складом річкові води навіть у межах однієї природної зони досить різноманітні. Це обумовлено фізико-географічними особливостями їхнього формування, що є дійсним як тепер, так і тоді, коли господарська діяльність ще була незначною і не впливала на якість води. Наразі до різноманітності місцевих фізико-географічних чинників приєдналась ще більша різноманітність чинників господарської діяльності людей. Зміна якості води може бути результатом хімічного, фізичного, бактеріального та радіоактивного забруднення (Сніжко, 2001).

Для характеристики рівня хімічного забруднення річок Західного Полісся України основна увага була приділена таким показникам: розчинений кисень, який визначає самоочисну спроможність річки; біхроматична окислюваність і біохімічне споживання кисню за 5 діб, що характеризують наявність і стан організмів, речовин; сполуки азоту амонійного, нітритного і нітратного; фосфору загального, феноли і нафтопродукти. Ці показники використовуються для контролю і оцінки якості поверхневих вод і характеризують широкий діапазон хіміко-токсикологічних властивостей природних вод і швидко реагують на їх зміни і найкраще відображають динаміку якості води.

За результатами розрахунків було встановлено наступне:

1) Забруднення води кожної малої річки має свої особливості, що пов'язані з водністю водотоку, інтенсивністю самоочищення і специфікою господарського використання басейну.

2) Режим розчиненого кисню у значній мірі визначає хіміко-біологічний стан водного об'єкту. У літню межень вміст розчиненого кисню, що перевищує 10 мг/дм<sup>3</sup> мають: Смолка (10,8 мг/дм<sup>3</sup>), Вілія (11,4 мг/дм<sup>3</sup>), Чорногузка (10,2 мг/дм<sup>3</sup>), Липа (10,8 мг/дм<sup>3</sup>), Слонівка (10,2 мг/дм<sup>3</sup>), Кормин (10,5 мг/дм<sup>3</sup>). Найменший вміст у воді розчиненого кисню (4–6 мг/дм<sup>3</sup>) зафіксований у річках Гнило'пяти та Гуйві. Поганий

стан кисневого режиму спричинений скидом забруднених стічних вод, а також внаслідок недостатньої самоочисної здатності цих річок.

3) Найбільш поширеними забруднюючими речовинами в басейнах річок є нітрати, амонійний азот, нафтопродукти і феноли. Їх концентрація у воді свідчить про порушення норм якості води. Води річок Іква, Липа, Слонівка, Черногузка, Гуйва забруднені нітратами (від 0,6 до 80 ГДК), а води Гнилоп'яті – органічними речовинами (значення біхроматної окиснюваності і біохімічного споживання кисню за 5 діб становлять від 1 до 4 ГДК). За течією (від витoku до гирла) річок Іква, Гнилоп'ять, Гуйва, Корчик, Вілія відмічається тенденція до збільшення забрудненості води, а у річках Кормин, Липа, Веселуха – вниз за течією спостерігається деяка стабілізація і зменшення забрудненості. Особливо відзначаються високим вмістом фенолів і нафтопродуктів води річки Іква (феноли 10–50 ГДК).

4) Під впливом постійного скиду забруднених виробничих і комунально-побутових стічних вод спостерігається підвищення над ГДК концентрацій забруднюючих біогенних, органічних, токсичних речовин, що порушують норми якості води у річках Іква і Гнилоп'ять. Вода деяких річок постійно забруднюється нітратами, концентрація яких сягає: у р. Липа – 0,283 мг/дм<sup>3</sup> (142 ГДК), р. Слонівка – 0,083 мг/дм<sup>3</sup> (41 ГДК), р. Черногузка – 0,115 мг/дм<sup>3</sup> (57 ГДК).

Отже, якість води в річках Західного Полісся визначається взаємодією природних і антропогенних чинників. Забруднення органічними речовинами має здебільшого природне походження. Порушення кисневого режиму пов'язане в основному із забрудненням антропогенного характеру.

Покрокове застосування моделі «Басейн малої річки» у межах підсистеми «Якість води», а також результатів проведених досліджень і даних бактеріального забруднення дали можливість здійснити загальну оцінку (класифікацію) якості води (табл. 30.4). Так, воду задовільної чистоти (III клас якості) мають річки Радоставка, Іква, Стубла, Вирка. Дуже забруднена вода (VI клас якості) річок Слонівка, Липа, Черногузка, Устя.

Розрахунок антропогенного навантаження та оцінку його впливу на екологічні системи річок Західного Полісся України виконано за результатами класифікації (оцінки) стану основних природних систем (підсистем) – земельних і водних ресурсів, якості води за хімічним, токсикологічним, бактеріологічним та радіаційним забрудненням (табл. 30.5).

Як свідчать результати проведеного дослідження (табл. 30.5), немає жодної малої річки, яка мала б «добрий» екологічний стан. У 33% досліджених річок «зміни незначні», 25% мають «задовільний» стан, у 42% – стан «поганий» (річки Полква, Замчисько, Тня, Церем, Корчик) та «дуже поганий» (річки Слонівка, Липа, Черногузка, Устя, Хомора).

Загалом загальний стан басейнів малих річок Західного Полісся (а це означає, що і середніх річок) в цілому «незадовільний».

Таблиця 30.4  
Класифікація (оцінка) якості води малих річок Західного Полісся України

№ з/п	Річка	Якість води		№ з/п	Річка	Якість води	
		ІКАН	стан			ІКАН	стан
1	Вижівка	-1,0	забруднена IV	13	Стубла	0,0	задовільної чистоти III
2	Турія	-1,0	забруднена IV	14	Полква	-1,0	забруднена IV
3	Цир	-1,0	забруднена IV	15	Вілія	-1,0	забруднена IV
4	Стохід	-1,0	забруднена IV	16	Устя	-4,0	дуже брудна VI
5	Веселуха	-1,0	забруднена IV	17	Замчисько	-3,0	брудна V
6	Чорногузка	-4,0	дуже брудна VI	18	Вирка	0,0	задовільної чистоти III
7	Радоставка	0,0	задовільної чистоти III	19	Хомора	-3,0	брудна V
8	Липа	-4,0	дуже брудна VI	20	Тня	-1,0	забруднена IV
9	Іква	0,0	задовільної чистоти III	21	Смолка	-1,0	забруднена IV
10	Слонівка	-4,0	дуже брудна VI	22	Церем	-3,0	брудна V
11	Конопелька	-1,0	забруднена IV	23	Корчик	-1,0	забруднена IV
12	Кормин	-1,0	забруднена IV	24	Льва	-1,0	забруднена IV

Таблиця 30.5  
Оцінка антропогенного навантаження і екологічного стану басейнів малих річок Західного Полісся України

№ з/п	Річка	Загальний стан басейну		№ з/п	Річка	Загальний стан басейну	
		ІКАН	стан			ІКАН	стан
1	Вижівка	0,43	задовільний	13	Стубла	1,17	зміни незначні
2	Турія	0,40	задовільний	14	Полква	-1,14	поганий
3	Цир	1,03	зміни незначні	15	Вілія	0,52	зміни незначні
4	Стохід	0,70	зміни незначні	16	Устя	-2,97	дуже поганий
5	Веселуха	1,21	зміни незначні	17	Замчисько	-1,88	поганий
6	Радоставка	-0,15	задовільний	18	Вирка	0,84	зміни незначні
7	Слонівка	-2,36	дуже поганий	19	Хомора	-2,27	дуже поганий
8	Липа	-2,68	дуже поганий	20	Тня	-1,04	поганий
9	Іква	0,02	задовільний	21	Смолка	-0,08	задовільний
10	Чорногузка	-2,97	дуже поганий	22	Церем	-1,18	поганий
11	Конопелька	0,10	задовільний	23	Корчик	-0,59	поганий
12	Кормин	0,55	зміни незначні	24	Льва	0,61	зміни незначні

Отже, незважаючи на всю складність питання щодо нормування антропогенного навантаження на басейни річок, користуючись логіко-математичною моделлю «Басейн малої річки», можна поступовим наближенням встановити для кожної річки ті величини навантаження, які не призведуть до втрати самоочисної здатності її екосистем.

Напружена екологічна ситуація, яка склалася в останні десятиліття в підсистемах малих річок під впливом антропогенного навантаження, призвела до витрат або різкого зменшення самоочисної здатності річок. Розрахунки показали, що в усіх басейнах річок необхідно збільшити лісистість і зменшити площі сільгоспугідь і показник розораності. Це не поверне природний стан території і річкам, проте допоможе налагодити витрачені функціональні зв'язки, а також сприятиме відтворенню на водозаборах якщо не природного, то природно-антропогенного середовища прийнятної якості. Аналіз стану річкових вод з урахуванням економічного розвитку регіонів та впливу на них господарської діяльності свідчить про можливість зменшення антропогенного навантаження на басейни малих річок Західного Полісся. Проведені дослідження та одержані результати виконаних розрахунків доводять можливість шляхом певних змін у водному господарстві поліпшити якість води його річок до III класу.

На рис. 30.4 наведено конкретизовану схему сучасного екологічного стану річок. Вона дозволяє не лише наочно показати досягнуті зміни природного стану досліджених річок під впливом антропогенного навантаження, а й дає можливість визначити басейни (річки) з найбільшими порушеннями з позицій екології, які потребують першочергових інвестицій для їх оздоровлення. Наведена картосхема одночасно є схемою водогосподарсько-екологічного районування території Західного Полісся України.

Для покращення екологічного стану в басейнах малих річок Західного Полісся України, а також з метою подальшого раціонального використання, запобігання і ліквідації забруднення поверхневих вод річок було запропоновано низку водоохоронних заходів (рис. 30.5). Метою заходів боротьби із забрудненням є покращення стану водного середовища водних об'єктів із помірним або низьким станом, а також попередити погіршення стану водного середовища на ділянках із хорошим і дуже хорошим станом води. По-перше, необхідно проведення заходів із покращення, по-друге, – розробка комплексу охоронних заходів.

Розробка комплексу водоохоронних заходів насамперед базувалася на басейновому принципі управління (Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС), їх підґрунтям були принципи: комплексності (охопленість усіх проблемних ситуацій та ареалів), взаємопов'язаності (комплексність заходів зумовлює їх більшу гнучкість), черговості (дозволяє вводити

комплекс у дію поблочно, підвищуючи ефективність його роботи в цілому) та комплементарності (полягає в доцільності розроблення спеціальних додаткових заходів, що дозволяє забезпечити формування достатньо стійких в екологічному відношенні територій). При їх обґрунтуванні було враховано те, що усі проведені заходи насамперед повинні бути екологічно спрямованими, носити комплексний характер, включати організаційно-господарські, агролісомеліоративні та технічні складові, що дозволить організувати спостереження за змінами показників екологічного стану території, встановити їх оптимальні значення та забезпечити оптимальні, безпечні для людини та довкілля умови життєдіяльності та господарської діяльності. Передбачено необхідність влаштування водоохоронних зон; здійснення контролю за якістю поверхневих та підземних вод; не допущення деградації сільськогосподарських земель тощо. У подальшому необхідно звернути особливу увагу на використання земель у межах басейнів річок і забруднення їх поверхневих вод.

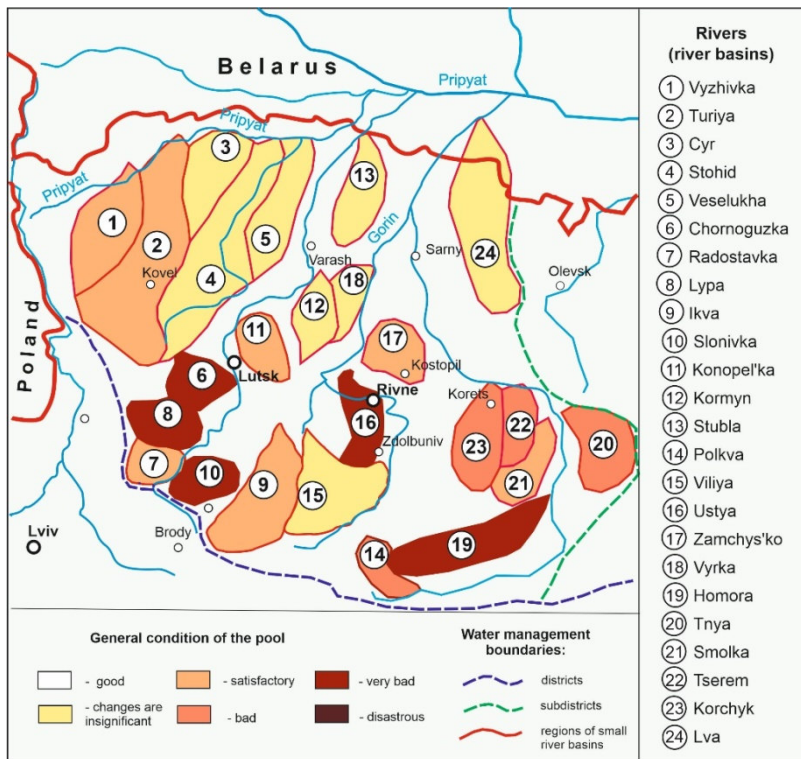


Рис. 30.4. Картохема районування території Західного Полісся України за антропогенним навантаженням і екологічним станом басейнів малих річок



Рис. 30.5. Алгоритм проведення природоохоронних заходів у межах басейнів малих річок Західного Полісся України

Результати дослідження можуть бути використані для удосконалення механізму управління, збереження та відродження малих річок, а саме, у розроблені рекомендацій, технологічних і технічних рішень щодо їхньої охорони від кількісного та якісного виснаження, запобігання шкідливій дії вод тощо. Вони містять способи кількісної та якісної оцінки впливу окремих показників антропогенних факторів, а також характерних забруднювачів, які безпосередньо впливають на екологічний стан річки та її басейну. Це дасть можливість здійснити його комплексну оцінку та визначити найбільш небезпечні за рівнем антропогенного навантаження ділянки річкового басейну, що сприятиме концентрації зусиль всіх суб'єктів управління і господарювання на планування, розробку та реалізацію водоохоронних заходів із покращення водогосподарсько-екологічного стану, а також ухвалення рішень щодо поліпшення управління водними ресурсами в басейнах малих річок Західного Полісся України.

Отже, за результатами дослідження встановлено, що сучасний стан водних ресурсів у межах території західного Полісся України є складним.

Проведений аналіз стану більшості показників використання земельних ресурсів у басейнах річок свідчить про те, що більшість з них (крім урбанізації) незадовільні та далекі від екологічно допустимих. Фактичне використання річкового стоку досягло катастрофічних меж лише в басейнах річок Устя і Гнилоп'ять (24–25%), а в басейнах річок Черногузка, Замчисько, Хомора – поганих (11–16%). У катастрофічному стані знаходяться рр. Черногузка, Устя, Замчисько та Гнилоп'ять. Оцінка якості води малих річок Західного Полісся України показала, що річок з «дуже чистою» і «чистою» водою серед досліджених малих річок немає. Види річок Слонівка, Липа, Черногузка, Устя належать до VI класу якості та характеризуються, як «дуже брудні». Інтегральна оцінка стану басейнів малих річок Західного Полісся України характеризується такими показниками: оцінку «зміни незначні» мають 33% досліджених річок, оцінку «задовільний» стан – 25%, оцінку «поганий» – 21%, «дуже поганий» – 21% і «катастрофічний» стан відсутній. Для покращення екологічного стану усіх басейнах річок є збільшення лісистості території і зменшення площі сільгоспугідь та показника розораності.

Проведена комплексна оцінка екологічного стану річкових басейнів дала змогу визначити найбільш небезпечні ділянки за рівнем антропогенного навантаження, які потребують вжиття першочергових природоохоронних заходів для збереження або відновлення природного стану екосистеми та забезпечення екологічно безпечних умов проживання населення. Водогосподарсько-екологічне районування доцільно використовувати як методичну основу регіональної диференціації плати за водокористування залежно від якості водних ресурсів даної місцевості. Це сприятиме концентрації зусиль всіх суб'єктів управління та господарювання на планування, розробку та реалізацію водоохоронних заходів з покращення водогосподарсько-екологічного стану та прийняття рішень щодо поліпшення управління водними ресурсами малих річок Західного Полісся України. Усе це окреслює перспективу подальших досліджень малих річок Західного Полісся України, які мають бути зосереджені на питаннях детальної оцінки екологічного стану їх басейнів.

### *Література до розділу*

1. Будз О. Розрахунок максимальних витрат весняної повені правобережних приток р. Прип'яті : дис. ... канд. техн. наук. Рівне, 2000. 142 с.
2. Вишневський В. Антропогенний вплив на річки України : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук : 11.00.11. Київ, 2003. 33 с.

3. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС. Київ, 2006. 240 с.
4. Гопчак І. Наукові засади збереження та відродження малих річок Західного Полісся України : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 06.01.02. Київ, 2021. 42 с.
5. Данильченко, О. С. Річкові басейни Сумської області: геоекологічний аналіз : монографія / Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка. Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2019. 271 с.
6. Кирилук О. Історія становлення басейнового підходу у географії та екологічному руслознавстві. *Наук. випуски Вінницьк. держ. пед. ун-ту ім. Михайла Коцюбинського. Сер. Географія.* Вінниця, 2007. Вип. 14. С. 40–47.
7. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк та ін. Київ, 2001. 48 с.
8. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукінський, О. П. Оксіюк, А. В. Яцик. Київ : СИМВОЛ-Т, 1998. 28 с.
9. Методика оцінки і нормування антропогенного навантаження на меліоровані агроландшафти / О. В. Цветова, Т. О. Ясенчук, О. О. Сидоренко, О. В. Тураєва та ін. К. : Аграрна наука, 2015. 80 с.
10. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України. Київ, 2007. 67 с.
11. Методологія покращення екологічного стану річок Західного Полісся (на прикладі р. Горинь) : монографія. Рівне, 2012. 206 с.
12. Паламарчук М., Закорчевна Б. Водний фонд України : довідковий посібник / за редакцією В. М. Хорсва, К. А. Алієва. К. : Ніка-Центр, 2001. 392 с.
13. Сніжко С. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ : Ніка-Центр, 2001. 264 с.
14. Сташук В. А. Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами / за заг. ред. д.т.н., проф. Коваленка П. І. Дніпропетровськ : ВАТ Вид-во «Зоря», 2006. 480 с.
15. Сташук В., Мокін В., Гребінь В., Чунарьов О. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом : монографія / за редакцією В. А. Сташука. Херсон : Грінь Д.С., 2014. 320 с.
16. Екологічна енциклопедія / Всеукр. екологічна ліга ; голов. ред. А. В. Толстоухов. Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2007. Т. 2 : Є–Н. 416 с.



17. Хімко Р. В., Мережко О. І., Бабко Р. В. Малі річки – дослідження, охорона, відновлення. К. : Ін-т екології, 2003. 380 с.
18. Яцик А. В. Водогосподарська екологія : у 4 т., 7 кн. Т. 3, кн. 5. К. : Генеза, 2004. 494 с.
19. Яцик А. В., Гопчак І. В., Басюк Т. О. Оцінювання антропогенного впливу на земельні ресурси в межах басейнів малих річок Західного Полісся України. *Меліорація і водне господарство* : міжвідомчий тематичний наук. зб. К. : ІВПіМ НААН, 2018. Вип. 108. С. 66–71.
20. Яцик А. В., Гопчак І. В., Басюк Т. О. Нормування антропогенного навантаження на басейни малих річок України, як основа їх збереження та відродження. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія* : наук. зб. / гол. редактор В. К. Хільчевський. 2019. № 3 (54). С. 93–95.
21. Яцик А., Гопчак І., Пашенюк І., Басюк Т. Наукові засади нормування антропогенного навантаження річкових басейнів. *ЕТЕВК-2015* : збірка доповідей Міжнародного Конгресу (Україна, м. Іллічівськ, 8–12 червня 2015 р.). Київ : ТОВ «ПРАЙМ-ПРІНТ», 2015. С. 314–322.
22. Dynamics of changes in surface water quality indicators of the Western Bug River basin within Ukraine using GIS technologies / Gopchak I., Basiuk T., Bialyk I., Pinchuk O., Gerasimov I. *Journal of Water and Land Development*. 2019. No. 42 (VII–IX). P. 67–75. DOI: <https://doi.org/10.2478/jwld-2019-0046>.
23. Processes determining surface water chemistry / Osadchyy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Switzerland : Springer International Publishing, 2016. 270 p.

## **31. ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ ПОЛІСЬКОГО РЕГІОНУ ЗА БАЛАНСОВИМ ПРИНЦИПОМ**

Проблеми раціонального використання природних ресурсів, гармонізації взаємин людини і природи, охорони навколишнього природного середовища відносяться до найбільш актуальних проблем сьогодення, що торкаються кожного жителя планети, оскільки від вирішення цих проблем залежить майбутнє всього людства. Україна належить до малозабезпечених місцевими водними ресурсами країн Європи, а розподілені ці ресурси дуже нерівномірно. В Україні ефективність використання водних ресурсів надзвичайно низька, а водоемність валового внутрішнього продукту, навпаки, надто висока.

Стратегічною метою екологічно безпечного використання водних ресурсів сьогодні є забезпечення пріоритету природоохоронних функцій над господарськими, раціональне використання поверхневих та підземних вод, широке впровадження водозберігаючих технологій у всіх галузях економіки. Реалізація цієї мети повинна здійснюватись на основі розробки та виконання водного законодавства, яке є складовою частиною екологічного законодавства і спрямоване на регулювання відносин між суб'єктами господарської діяльності з метою посилення відповідальності юридичних і фізичних осіб за збереження та підтримання у належному стані водних ресурсів і водних об'єктів, а також забезпечення зацікавленості підприємств, установ, організацій і громадян у збереженні водних ресурсів, впровадженні водоощадливих технологій, розробленні та виробництві маловодоемного технологічного устаткування.

Стратегічна мета водогосподарської політики держави – це стійке водокористування при сталому розвитку економіки.

Пріоритетні напрями реалізації принципів стійкого водокористування:

- забезпечення населення і галузей економіки України якісною питною водою у необхідній кількості і відповідної якості;
- відновлення та збереження стійкого екологічного стану у басейнах річок;
- відновлення і охорона водних об'єктів, відтворення водних ресурсів;
- обґрунтування нових водозаборів підземних вод та розширення обсягів їх використання для питного водопостачання;
- штучне поповнення запасів підземних вод;
- запобігання і ліквідація наслідків шкідливого впливу паводків, повеней, підтоплення, водної ерозії;

- охорона і раціональне використання водних ресурсів та відновлення малих річок;
- підвищення рівня управління режимами роботи водосховищ;
- здійснення контролю за безпекою водогосподарських споруд і систем;
- зменшення водомісткості виробництв, втрат води, підвищення якості питної води;
- підвищення надійності споруд інженерного захисту територій від шкідливої дії вод;
- створення економічного механізму водокористування на основі ринкових умов стимулювання раціонального використання водних ресурсів та достатнього фінансування водогосподарської та природоохоронної діяльності;
- удосконалення системи екологічного нормування і стандартизації у галузі використання водних ресурсів;
- формування раціональної за водним фактором регіональної структури економіки та водогосподарського комплексу.

Реалізація рішень, ухвалених на Всесвітньому самміті стійкого розвитку є одним із пріоритетних напрямків діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади.

Основними принципами екологічного законодавства України є:

1. Природні ресурси є власністю народів України.
2. Пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість дотримання стандартів, норм, лімітів.
3. Гарантування екологічної безпеки для людей.
4. Профілактичний характер природоохоронних заходів.
5. Екологізація виробництва, впровадження нових технологій.
6. Збереження біорізноманіття.
7. Погодження екологічних, економічних і соціальних інтересів.
8. Обов'язковість екологічної експертизи.
9. Гласність і демократизм при прийнятті рішень, формуванні екологічного світогляду у населення.
10. Науково обґрунтоване нормування впливу на навколишнє природне середовище.
11. Безоплатність загального і платного використання природних ресурсів.
12. Справляння зборів за забруднення середовища, компенсація збитків.
13. Облік ступеню антропогенних змін територій і спільної дії факторів.
14. Поєднання заходів стимулювання і відповідальності.

## 15. Широке міждержавне співробітництво.

У зв'язку з неможливістю швидкого вирішення водно-екологічних проблем, державна політика повинна будуватися на принципах визначення стратегічних цілей, на які орієнтується вся водно-екологічна діяльність.

До національних пріоритетів охорони навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів віднесено:

- гарантія екологічної безпеки ядерних об'єктів і захисту населення і навколишнього середовища від радіації, запобігання шкідливого впливу наслідків аварії на Чорнобильській АЕС;

- покращання екологічного стану басейну р. Дніпро і якості питної води;

- стабілізація і покращення екологічного стану в містах і промислових центрах Донецько-Придніпровського регіону;

- запобігання забрудненню Чорного і Азовського морів і покращення їх екологічного стану;

- структурна перебудова виробничого потенціалу економіки, екологізації технологій в промисловості, енергетиці, будівництві, сільському господарстві, на транспорті.

Відповідно до матеріалів Глобального водного партнерства, на Всесвітньому саміті в Йоханнесбурзі в серпні 2002 року міжнародним співтовариством усвідомлено, що шлях до екологічно безпечного водокористування – це впровадження принципів інтегрованого управління водними ресурсами. Інтегроване управління водними ресурсами визначається як «процес, що сприяє погодженому розвитку і управлінню водою, землею й іншими ресурсами з метою досягнення максимального соціально-економічного благополуччя на справедливій основі без заподіяння збитку стійкості життєво-важливим екосистемам».

Управління водними ресурсами – це складний технологічний процес, що здійснюється шляхом організації відповідних заходів таким чином, щоб забезпечувалось оптимальне використання наявних ресурсів (водних, енергетичних, людських) для досягнення наміченої цілі – забезпечення всіх споживачів з розрахунковою надійністю водою з необхідними об'ємами і якістю.

У сучасних умовах управління водогосподарським комплексом України у басейнах річок характеризується наявністю складної системи галузевих, відомчих і місцевих функцій та структур державного управління, що мають переважно галузеву і адміністративно-територіальну (а не басейнову) орієнтацію, неефективний і незбалансований механізм регулювання водних відносин і не відповідають задекларованому Водним кодексом України басейновому

принципу управління водокористуванням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів на основі державних, міждержавних та регіональних програм.

Існуюча організаційна структура управління водокористуванням недостатньо ефективна внаслідок поділу компетенції між багатьма відомствами та відсутністю чіткої координації і узгодженості дій, недосконалості господарського механізму, заснованого на бюджетному фінансуванні. В Україні все ще традиційно зберігається властива плановій економіці тенденція зосередження функцій екологічного і господарського управління водою в руках держави.

Відповідно до чинного законодавства України спеціально уповноважені органи, що здійснюють державне управління в галузі використання й охорони вод і відтворення водних ресурсів – це центральні органи виконавчої влади: з питань охорони навколишнього природного середовища, з питань водного господарства, з питань геології і використання надр, їхні органи на місцях та інші органи. Така система управління має, в основному галузеву й адміністративно-територіальну (а не басейнову) спрямованість і недосконалий та незбалансований механізм водокористування, охорони вод і відтворення водних ресурсів.

При відсутності єдиного державного органу басейнового управління, що відповідає за стан водних об'єктів у басейні, право такого управління законом надано великій кількості державних органів, для яких воно не є головним обов'язком. Внаслідок цього спостерігається паралелізм і дублювання при здійсненні певних функцій управління. Відомчі інтереси деяких органів державного управління входять у суперечність з цим процесом, перешкоджаючи чіткому законодавчому розподілу функцій екологічного і господарського управління.

Невідповідність системи управління водними ресурсами басейновому принципу обумовлює низку проблем, пов'язаних з відсутністю єдиного координуючого центру, головні з яких:

- басейнова незбалансованість водогосподарської та екологічної політики, що призводить до

- неузгодженості пріоритетів і незбалансованості системи водокористування, охорони вод, відтворення водного фонду, і як правило, до розпорошення і нецільеспрямованого використання інвестицій;

- відсутність чіткої ієрархії відповідальності за стан водного фонду і якість водних ресурсів, використання цільових засобів;

- недосконалисть системи правового регулювання басейнових водних відносин, в тому числі обмеження впливу на водний об'єкт джерел забруднення, розташованих у різних областях, при плануванні водоохоронних заходів;

– неузгодженість в ухваленні рішень про спрямування та першочерговість заходів, їх фінансування;

– недосконалість системи економічного стимулювання раціонального використання та ефективного керування охороною і відтворенням водного фонду і ресурсів;

– недосконалість басейнової системи інформаційно-аналітичного супроводу керування та еколого-економічної оцінки функціонування водогосподарського комплексу;

– неможливість обґрунтування встановлення нормативів якості води у водних об'єктах, забезпечення дотримання яких було б реальною задачею, виходячи з інвестиційних можливостей.

Враховуючи викладене, можна зробити висновок, що існуюча в Україні система екологічного управління водами вимагає істотного поліпшення. В умовах переходу України до ринкових відносин роль держави в господарському управлінні поступово зменшується, поступаючись місцем приватній ініціативі.

Діюче водне законодавство не враховує той очевидний факт, що в умовах ринкової економіки дбати про раціональне використання водних ресурсів (як і будь-яких інших ресурсів, що коштують грошей) повинна не стільки держава, скільки підприємець, що використовує воду, якщо він не хоче працювати на шкоду собі.

Отже, одним із пріоритетів екологічної політики України є гармонізація законодавства України із законодавством ЄС. Ключовою вимогою європейського законодавства варто вважати положення про організацію басейнового управління водами, де повинні бути враховані економічні й екологічні аспекти. Обов'язковою умовою при цьому є недопущення подальшого погіршення стану водного об'єкта. Наближенню національного екологічного законодавства до норм і директив ЄС сприяє реалізація прийнятих і прийняття розроблених законодавчих актів, що повинні забезпечити Інтегроване управління водними ресурсами. Таким чином, пріоритети в міжнародному співробітництві необхідно спрямувати на удосконалення нормативної бази у сфері управління водними ресурсами, участь у міжнародних екологічних програмах, запровадження басейнового принципу управління, гармонізацію природоохоронного законодавства України з законодавством Європейського Союзу.

Основою правовідносин у галузі управління використанням і охороною водних ресурсів є норми природоохоронного законодавства, визначені Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища». На підтримку базового Закону ухвалено чимало природоохоронних законодавчих актів, що стосуються майже всіх аспектів охорони навколишнього середовища і природних ресурсів.

Водний кодекс України є базовим документом для правових відносин у водному законодавстві, в якому визначено необхідність упровадження принципів басейнового управління в Україні. Удосконалення правового регулювання в сфері управління водними ресурсами здійснюється також шляхом ухвалення постанов Кабінету Міністрів України, що є складовою частиною природоохоронного законодавства.

Стратегічною метою вважається забезпечення басейнової збалансованості розвитку водного господарства, охорони вод і відтворення водних ресурсів, сталого водозабезпечення населення і галузей економіки, впровадження перспективних технологічних нормативів використання водних ресурсів, запобігання шкідливої дії вод.

Водогосподарсько-меліоративний комплекс України, потужний за своїми обсягами і надзвичайно складний за змістом і будовою, створений в основному 60–70 років тому. На сьогодні ці державні матеріальні фонди потребують значних коштів на їх реконструкцію і капітальний ремонт. Для успішного вирішення цих завдань необхідно впроваджувати у виробництво сучасні економічно ефективні досягнення науки і техніки і насамперед принципи інтегрованого управління водними ресурсами, тобто комплексного розв'язання водогосподарських і екологічних проблем на основі раціонального використання водних ресурсів України та створення умов для переходу до сталого та ефективного функціонування всього водогосподарського комплексу нашої держави.

Державне управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів повинно здійснюватися за басейновим принципом на основі державних, міждержавних та регіональних програм [Водний кодекс]. Визначення і наукове обґрунтування стратегічних цілей і напрямів підвищення екологічної стійкості та збалансованого розвитку водного господарства, забезпечення населення якісною питною водою, мінімізація збитків і соціального напруження внаслідок шкідливої дії води, збереження водних екосистем – це далеко не повний перелік першочергових завдань, вирішення яких передбачено комплексними державними програмами.

Переходу України на позиції сталого розвитку повинні передувати реформування народного господарства і розробка відповідної еколого-економічної політики. Система управління водогосподарським комплексом та водними ресурсами також потребує реформування і переведення її на басейновий принцип, створення інститутів колективного управління водокористування, впровадження нових економічних важелів, децентралізація управління тощо [Яцик, 2004].

Інтегрований підхід до управління водними ресурсами дозволяє збалансовано управляти та розвивати водні ресурси, враховуючи соціальні, економічні та природоохоронні інтереси. При цьому

розглядаються різноманітні, інколи конкуруючі групи і галузі економіки, що використовують і можуть забруднювати воду. За допомогою інтегрованого підходу координується управління водними ресурсами в різних секторах економіки або зацікавленими групами в різних масштабах – від місцевого до міждержавного рівня.

Він вимагає включення в процеси розробки національної політики та законодавчої бази, створення більш досконалої системи управління та більш ефективної інституційної та регулюючої структури, необхідної для розробки більш справедливих та стійких рішень. Набір інструментів, таких як соціальна та екологічна оцінки, економічні показники та системи моніторингу, збору та обміну інформацією, підтримують цей процес.

Межі гідрографічних одиниць та водогосподарських ділянок мають визначатися з урахуванням басейнового принципу управління, адміністративно-територіального устрою, фізико-географічних умов та господарської діяльності. Існуюча сьогодні система водогосподарського районування України базується на двох принципах – гідрографічному та адміністративному. Останньому навіть надається перевага (багато меж водогосподарських ділянок прив'язано до меж адміністративних областей), оскільки за таким принципом здійснювалося державне управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів. Впровадження басейнового принципу управління та необхідність врахування сучасних європейських вимог потребують узгодження меж водогосподарських ділянок з межами басейнів та суббасейнів, що будуть виділені на території країни згідно з вимогами ЄС.

Увесь комплекс перерахованих проблем та питань щодо управління та ефективного використання водних ресурсів має безпосереднє відношення до Поліського регіону України, який характеризується потужною та розвиненою гідрографічною мережею річок, має транскордонне значення, оскільки межує з гідрографічною мережею відповідних регіонів Білоруського, Польського та Російського Полісся.

Крім того, дана проблема набуває надзвичайної актуальності та складності під час проведення військових дій в наслідок російської агресії та особливо у післявоєнний період. Це зумовлює надзвичайну актуальність вирішення тут питання інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом з урахуванням даних характерних особливостей.

Усі річки Полісся належать до басейну Дніпра (рис. 31.1).



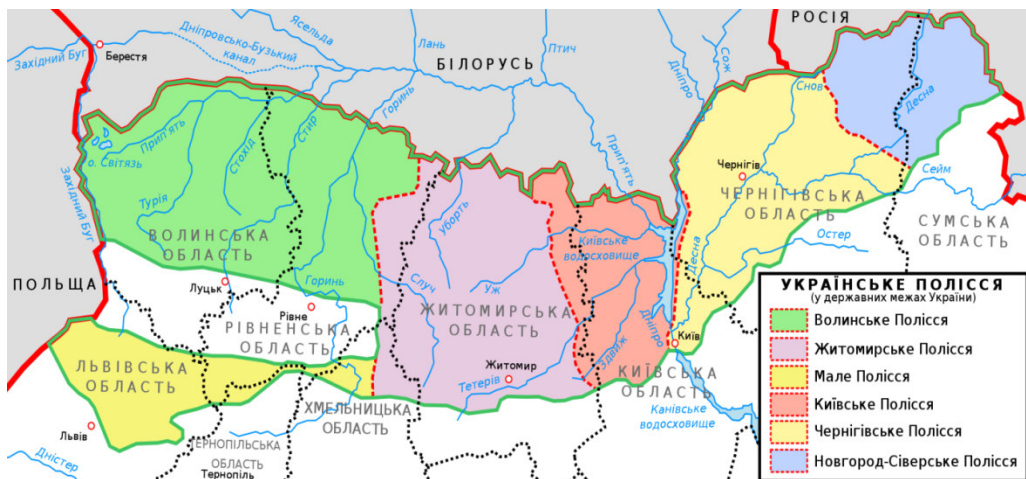


Рис. 31.1. Фізико-географічний опис та гідрографічна мережа Українського Полісся

Головною водною артерією є річка Горинь (довжина в межах області 386 км) зі своїми притоками: справа приймає Случ зі Ставом, Бобером і Серегівкою, а також Замчисько; зліва – Мельницю, Вирку. З інших значних річок протікають Стир, Льва, Ствига, на крайньому північному заході – Прип'ять. Серед найбільших озер території – Нобель (499 га, Заріченський р-н), Біле (453 га, Володимирецький р-н), Лука, Велике Почаївське, Річицьке, Озерце. Основний напрям течії річок з півдня на північ, що зумовлене загальним зниженням поверхні в цьому напрямі. У межах Полісся річки мають невеликі похили (0,3–0,6 м/км), широкі, заболочені заплави, в долинах багато стариць, озер. Пересічна густота річкової сітки на Поліссі 0,3–0,43 км/км<sup>2</sup>. Основне джерело живлення річок – талі снігові води (55–60%). Решта стоку припадає на підземне та дощове живлення. Загальний хід рівнів води в ріках області характеризується інтенсивним їх підвищенням під час весняної повені та низьким стоянням у літню межень. Восени та взимку рівні води в ріках дещо вищі, ніж улітку. Межень часто порушується паводками: влітку від злив, а взимку від відлиг.

У гідрологічному відношенні Полісся знаходиться в межах трьох артезіанських басейнів підземних вод: Волино-Подільського, Прип'ятського та Українського басейну тріщинних вод. Ресурси підземних вод області оцінюються в 345 тис. м<sup>3</sup>/добу, в тому числі: Волино-Подільський артезіанський басейн – 265 тис. м<sup>3</sup>/добу, Прип'ятський артезіанський басейн – 12,0 тис. м<sup>3</sup>/добу, Український басейн тріщинних вод – 68,8 тис. м<sup>3</sup>/добу.

Впровадження механізму інтегрованого управління має на меті організацію раціонального використання водних ресурсів країни. Задача раціонального (від латинського ratio-розум), тобто розумного використання водних ресурсів полягає в задоволенні господарських потреб споживачів при забезпеченні вимог їхньої охорони і відновлення.

Передумови засад управління водними ресурсами було закладене науковими працями провідних вчених у сфері водного господарства та меліорації земель. Адже раціональне використання води залежить не тільки і навіть не стільки від покращання методів її добування, стільки від удосконалення всього процесу її очищення, подачі, транспортування, розподілу та споживання.

Наприклад, в меліорації проблема раціонального використання водних ресурсів стала актуальною на початку 60-х років, коли при збільшенні площі зрошуваних земель почалось безповоротне водоспоживання та водовідведення. На початку 60-х років ХХ століття у світі склався науково-технічний напрям зі створення автоматичних регуляторів рівня і витрати води у зрошувальних каналах. У їхній розробці активну участь брали Ш.С. Бобохідзе, В.А. Большаков, Я.В. Бочкарев, П.І. Коваленко, Е.Е. Маковський та багато інших [мон. Сташук В.А. та Кожушко Л.Ф.].

При проектуванні і будівництві великих зрошувальних систем з протяжними магістральними каналами актуальним було питання управління водорозподілом у розгалуженій мережі каналів.

Під керівництвом В.П. Остапчика інтенсивного розвитку набув науковий напрям з управління поливами. Почались інтенсивні роботи по створенню автоматизованої системи диспетчерського управління водокористуванням [Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій, 2001]. Вони базувалися на системному підході. В розробці цих методів активну участь брали А.Ф. Кієнчук, В.А. Гурін, В.П. Андропов, В.П. Остапчик, Л.М. Рекс [мон. Сташук В.А. та Кожушко Л.Ф.].

В 1990 р. Ю.О. Михайловим була розроблена нова технологія управління водними ресурсами в зрошуваному землеробстві, в основу якої був покладений принцип управління водорозподільчими системами як об'єктами стохастичної природи. Нині основна увага приділяється управлінню міжсистемним і міжгосподарським водорозподілом в умовах гострого дефіциту електроенергії, поливної води та зменшення водоспоживання.

Наукові принципи оптимізації водокористування для зони надмірного та нестійкого зволоження були започатковані в середині 80-х років ХХ сторіччя професором М.О. Лазарчуком та його співробітниками [Лазарчук М.О., Рокочинський А.М., Сташук В.А., 1991, та ін]. Ними були

розроблені методи і моделі оптимізації та прогновної оцінки на довготерміновій основі ефективності водорегулювання осушуваних земель у змінних природно-агромеліоративних умовах [Рокочинський А.М., монографія].

Над вирішенням проблем усунення втрат води і своєчасного виявлення місць її витоків працюють спеціалісти всіх країн. З країн СНД велика робота виконується в науково-дослідному інституті комунального водопостачання і очистки води АКГ ім. К.Д. Памфілова, І.В. Кожиновим, Р.Г. Добровольським, В.І. Олександровим та ін., в Держжитлокомунгоспі України В.О. Сліпченко, в ІГІМ УААН [55; 56] П.Д. Хоружим, Д.В. Чарним, в НУВГП [Чарний Д.В., Хоружий П.Д.] О.В. Ткачуком та ін.

Тому управління водними ресурсами – це складний технологічний процес, що здійснюється шляхом організації відповідних заходів таким чином, щоб забезпечувалось оптимальне використання наявних ресурсів (водних, енергетичних, людських) для досягнення наміченої цілі – забезпечення всіх споживачів з розрахунковою надійністю водою з необхідними об'ємами і якістю. Отже, управління – це сукупність скоординованих заходів, спрямованих на досягнення певної мети. У його основі лежить методологія і принципи науки управління, яка спирається на досягнення теорії інформації, кібернетики, економіки і реагує на зміни основних концепцій політичного життя суспільства.

При вирішенні складних (проблемних) ситуацій можуть використовуватись окремі наукові методи, зв'язок яких з етапами вироблення рішень показано на рис. 31.2 [ Гончаров С.М., Дупляк В.Д.].

В державі суттєво змінилися підходи до розгляду водогосподарських проблем, вирішення яких зараз базується на екологічних та економічних підходах. Управління водними ресурсами віднесено до пріоритетних у державній політиці і розглядається як один із найважливіших чинників сталого розвитку суспільства. Сьогодні ці проблеми розглядаються за участі громадськості, з урахуванням соціальних факторів, освітніх та інформаційних заходів, спрямованих на збереження та раціональне використання водних ресурсів. Управління водними ресурсами має бути орієнтоване на інтереси конкретної людини.

Найважливішими концептуальними положеннями системи управління водами мають бути:

- законодавче запровадження принципу децентралізації;
- розглядання води, вилученої з водного об'єкта, «як товару»;
- здійснення принципу «той, хто забруднює, має платити».

Басейн річки є обмеженою вододілами системою водотоків різних порядків, що впадають до одного водоприймача. Зазвичай, це – море, але може бути і водойма, розташована всередині материка (наприклад, озеро

або болото). Підземний басейн – це підземний ізольований пласт добре водопроникного ґрунту, що містить запаси води. При управлінні водними ресурсами басейн розглядається як самостійна гідрологічна одиниця. Окремі країни використовують різні терміни, такі як «басейн», «водозбір», «водозбірна площа», але переважно використовують термін «басейн».

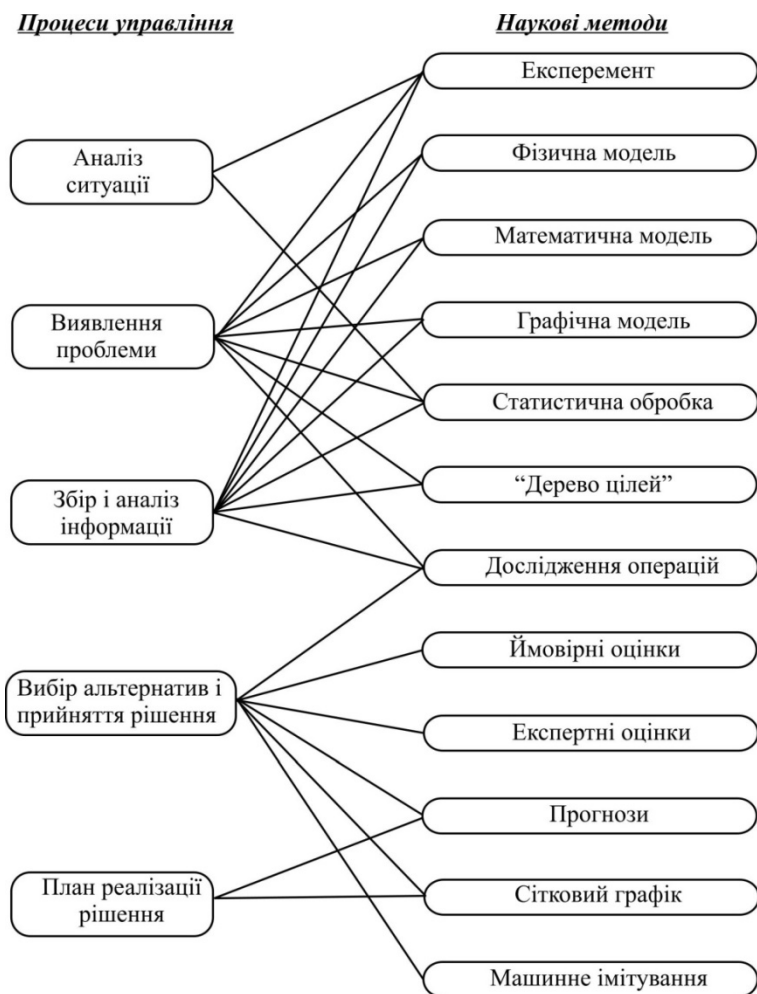


Рис. 31.2. Зв’язок процесу управління з науковими методами досліджень

Активне використання водних ресурсів викликає необхідність встановлення гідрологічних, соціальних, економічних та екологічних взаємозв’язків в басейнах. Ці взаємні залежності вимагають інтегрованих підходів до розвитку та управлінню водними ресурсами. Враховуючи багатовекторний характер управління водними ресурсами, більшість країн впроваджує інтегрований підхід до управління водними ресурсами на

національному та басейновому рівні, що вимагає вдосконалення інституціональних структур та покращення виконавчої практики.

Управління водними ресурсами починається з планування режимів водогосподарських систем (ВГС), основою якого є аналіз водогосподарських балансів. Водогосподарська система – це гідравлічно та організаційно пов’язана сукупність джерел водних ресурсів, водокористувачів, засобів управління водними ресурсами для їх раціонального використання, відтворення, збереження і охорони від забруднення. Водогосподарська система складається з множини елементів, призначених для задоволення господарських, соціально-екологічних, естетичних та інших потреб суспільства у воді потрібної кількості та якості.

Крім забезпечення потреб виробництва і суспільства водою в потрібному об’ємі, режимі та якості, ВГС призначається також для підтримання екологічної рівноваги на території басейну і захисту навколишнього середовища від шкідливої дії вод.

Отже, ВГС може бути віднесена до класу великих (складних) систем, оскільки містить у собі водні ресурси як основу, складається з множини штучних інженерних споруд та має розгалужені зв’язки з навколишнім природним, соціальним та економічним середовищем. Функціонально ВГС становить єдність підсистем водозабезпечення і водоспоживання (рис. 31.3).

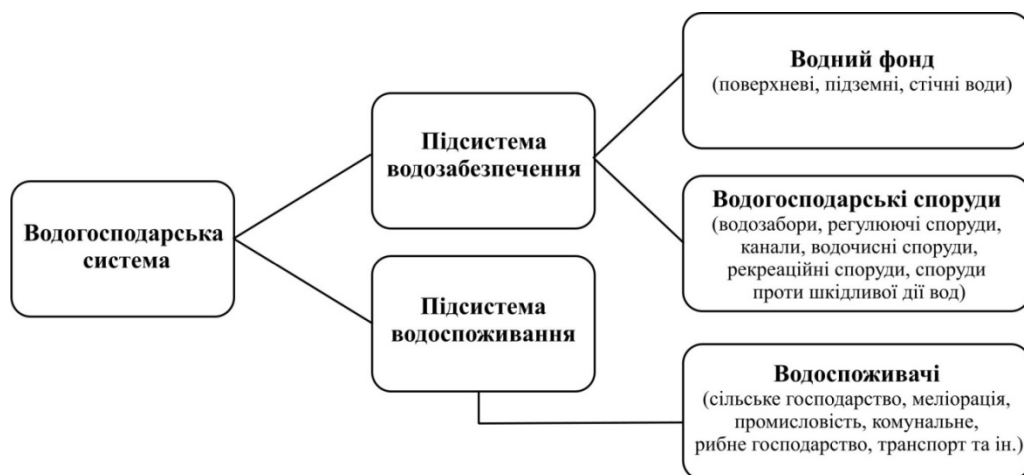


Рис. 31.3. Функціонально-галузевий склад водогосподарської системи

Підсистема водозабезпечення включає в себе водний фонд і водогосподарські споруди. Водний фонд держави складається з поверхневих, підземних і стічних вод. До поверхневих вод, тобто таких, що знаходяться над поверхнею землі, відносяться річки, озера, ставки,

водосховища, моря тощо. Підземна вода знаходиться в порох і тріщинах гірських порід на глибині від декількох метрів до десятків та сотень метрів від поверхні землі. Стічні води утворюються на території населених пунктів, промислових і сільськогосподарських підприємств, тобто після використання води споживачами і надходження до неї різних відходів та забруднень. Також до стічних відносять талі та зливові води. В багатьох галузях промисловості такі води можуть багаторазово використовуватись (наприклад, в енергетиці) в системах зворотного і повторно-послідовного водопостачання, що дає значне зменшення частки безповоротних втрат у загальному обсязі використаної води.

Для забезпечення споживачів водою в потрібних об'ємах та якості застосовують різні водогосподарські споруди в залежності від призначення води. Основними спорудами водозабезпечення є водозабори, насосні станції, регулюючі споруди, канали і водоводи, водоочисні станції та системи розподілу води. Для запобігання шкідливої дії вод та попередження аварійних і катастрофічних ситуацій застосовують різні захисні споруди (протипаводкові дамби, протиселеві споруди, вододренажні споруди тощо). Для відновлення запасів поверхневих і підземних вод застосовують берегоукріплювальні та водоохоронні споруди, системи штучного поповнення запасів підземних вод тощо. Регулюючі споруди, канали і водоводи призначені для накопичення води і її перерозподілу по території до місць розташування крупних водоспоживачів у випадку нестачі місцевих водних ресурсів. На водоочисних станціях ведеться водопідготовка, тобто покращення якості води до вимог споживачів.

Традиційно вода використовується на такі основні потреби: господарсько-питні, виробничі, зрошення і сільгосподарського водопостачання. Відмінною рисою водогосподарських систем є їх міжгалузевий характер. Водою в Україні користуються близько 30 тисяч типів водокористувачів, серед яких знаходяться об'єкти державного, регіонально-територіального і місцевого значень, що надзвичайно ускладнює ефективне управління ними.

Реалізація управлінських заходів базується на комплексній оцінці рівня природної забезпеченості водними ресурсами, особливостей їх територіального розподілу, який не відповідає розміщенню водоемних галузей господарського комплексу: 58% водних ресурсів зосереджено в річках басейну Дунаю у прикордонних районах України, де потреба у воді не перевищує 5% її запасів, найменш забезпечені водними ресурсами Донбас, Криворіжжя, Крим, південні області України, тобто регіони з великою концентрацією потужних водо споживачів.

Причиною формування кризової ситуації у водному господарстві є перш за все екстенсивний розвиток економіки країни, який тривав довгі

роки. Для стабілізації та поліпшення екологічного стану водного господарства та розвитку напрямів виходу з кризової ситуації необхідно усвідомити причини, які призвели до цього. Це, насамперед, такі:

- висока ресурсо- та енергоємність старих технологій, які в 2–3 рази перевищують такі показники у розвинутих країнах;
- високий рівень концентрації промислових об'єктів;
- відсутність чи недостатня потужність очисних споруд та недосконалість технологій очищення;
- відсутність правових та економічних механізмів для стимулювання розвитку екологічно безпечних технологій та природоохоронних систем.

Кризовий стан водно-екологічних та водогосподарських умов вимагає розвитку екологічного підходу до всіх господарських заходів, що здійснюються, вдосконалення системи управління водними об'єктами, водними ресурсами.

Екологічний підхід передбачає:

- комплексну оцінку впливу на водні ресурси з боку всіх елементів соціально-еколого-економічної системи басейну;
- сполучення адміністративно-територіальних господарчих інтересів, інтересів різних категорій водокористувачів із вимогами збереження водних ресурсів усього басейну;
- визначення припустимого антропогенного навантаження на басейн і розробку комплексних цільових програм поетапного досягнення самовідтворюючого водокористування;
- визначення людини центральним елементом екосистеми басейну.

Реалізація державної політики стійкого розвитку водного господарства базується на досягненні стратегічних цілей, що включають відтворення і охорону водних об'єктів, підвищення технічної і санітарної надійності водогосподарських систем, раціональне водокористування. В числі пріоритетних заходів передбачається: реалізація заходів щодо поліпшення екологічного стану меліоративних систем і доведення екологічного і ресурсного стану водних об'єктів до вимог основних нормативів, які б гарантували безпеку життєдіяльності населення та досягнення балансу між рівнями антропогенного впливу на водні об'єкти та їх відновлювальною спроможністю.

Основними завданнями є:

- опрацювання державних стандартів визначення межі стійкості водних об'єктів до антропогенних та техногенних навантажень, визначення параметрів збалансованості використання і відтворення водно-ресурсного потенціалу та запровадження на цій основі лімітів забору води і скиду забруднюючих речовин у водні об'єкти;
- розроблення та впровадження аналітичних методів оцінки і визначення ризику негативного впливу факторів водогосподарської

діяльності на здоров'я і тривалість життя людей, створення автоматизованої системи оцінки водоресурсних та екологічних ситуацій, прогнозування шкідливого впливу на водні об'єкти.

Проблеми водного господарства, що носять комплексний характер і вирішення яких неможливе без державної підтримки та координації міжгалузевих зв'язків, вирішуються шляхом розробки і реалізації державних цільових програм. До їх числа відносяться проблеми, характерні для всієї території України – забезпечення населення якісною питною водою, запобігання шкідливої дії вод, відновлення якості води у водних об'єктах та інші регіональні водогосподарські екологічні проблеми. Реалізація цих державних цільових програм важлива для забезпечення екологічної безпеки, переходу до сталого розвитку, створення умов для підвищення ефективності розвитку водоемних галузей економіки.

Першочергові заходи, спрямовані на покращення існуючої ситуації [Хвесик М., Смоленський Е., 2000]:

- у комунальному господарстві – реконструкція, ремонт і модернізація устаткування водопровідних, каналізаційних мереж і споруд; обґрунтування і впровадження раціональних норм водопостачання, сучасних технологій водопідготовки та очищення стічних вод, нових засобів обліку води, удосконалення контролю за споживанням води, підвищення рівня благоустрою населених пунктів, наближення стандартів на питну воду до світових;

- у промисловості – найбільш водоемна галузь (електроенергетика) повинна забезпечити відповідний рівень раціонального використання водних ресурсів за рахунок модернізації та реконструкції діючих ГЕС, удосконалення систем водозабезпечення ТЕЦ, впровадження нових енергозберігаючих технологій, введення в дію нових потужностей та відновлення і розвитку малої гідроенергетики; у металургії за рахунок збалансованого виробництва, орієнтованого на випуск конкурентно-спроможної продукції з обов'язковим дотриманням екологічних вимог, впровадження нових технологій, захисних заходів передбачається зниження водоемності виробництва та обсягів забруднення стічних вод; у хімічній та нафтопереробній галузі за рахунок використання резервів потужностей зворотних систем (4,0 км<sup>3</sup>), технологічного оновлення, реконструкції та удосконалення виробництва можливо суттєво знизити загальні водопотреби і обсяги забруднених стічних вод; у машинобудуванні та металопереробці передбачені структурні зміни сприятимуть вивільненню потужностей зворотного водопостачання, і очікувані потреби галузі у свіжій воді не перевищуватимуть 300–330 млн м<sup>3</sup>/рік;



– у сільському господарстві – однієї з найбільш водоемних галузей (меліоративні системи) процеси реформування аграрного сектора економіки, земельних відносин, здійснення оцінки земель і водних ресурсів до обороту аграрного капіталу, становлення нових форм власності на землю сприятимуть позитивним змінам у перебудові аграрно-меліоративного комплексу.

Передбачається реконструкція і вдосконалення існуючих меліоративних систем, приведення зрошення до оптимального співвідношення з іншими меліоративними заходами, поліпшення властивості ґрунтів і підвищення їх родючості, застосування прогресивних водозберігаючих технологій і режимів зрошення та попередження підтоплення земель.

Значна увага повинна приділятися вирішенню проблеми водопостачання села. Головним завданням є забезпечення як мінімум 50% сіл централізованим водопостачанням у комплексі з системами водовідведення, особливо тих, де населення користується привізною водою.

У рибному господарстві основна проблема полягає у необхідності перетворення рибних ставків у ефективні бар'єрні екологічні споруди шляхом докорінного поліпшення технічного стану ставкового фонду, догляду за ними.

Програмного забезпечення вимагають такі важливі проблеми як проблема відновлення водосховищного та ставкового фонду, відновлення, збереження і охорона малих річок.

Визначальними принципами водозабезпечення і водокористування при переході на сталий соціально-економічний розвиток держави є:

– пріоритетність соціальної сфери водокористування, забезпечення населення якісною питною водою і в достатній кількості;

– управління водогосподарською і водоохоронною діяльністю за басейновим принципом;

– екологічно адаптований за водним фактором розвиток економічного потенціалу регіонів на основі оцінки стану водних ресурсів і прогнозування їх змін;

– впровадження водозберігаючих технологій у галузях економіки;

– надання переваги використанню водних об'єктів у природному стані;

– оптимізація загальнодержавних і регіональних інтересів на основі екологізації водно-ресурсних джерел та водогосподарського комплексу;

– пріоритетність економічних принципів регулювання водокористування та охорони вод;

– дотримання норм міжнародного права, співробітництво в галузі використання і охорони транскордонних водних екосистем;

- реконструкція та забезпечення безпеки існуючих водогосподарських і меліоративних систем;
- формування правових, економічних і організаційних засад раціонального водокористування.

Враховуючи, що водогосподарський комплекс України характеризується сформованим виробничим потенціалом і обмеженими можливостями нового будівництва, головна роль у подальшому розвитку водного господарства має належати процесам реконструкції, модернізації водогосподарських систем, заміні морально застарілих технологій та систем водопостачання і очищення води новими, які забезпечать екологічно збалансовану і ресурсозберігаючу технологію водокористування. Одним із найважливіших напрямів водозабезпечення є екологізація водогосподарського комплексу.

В основу вирішення водогосподарських і водоохоронних проблем має бути покладений еколого-економічний принцип для регулювання водних відносин. Формування економічного механізму управління водокористуванням і регулювання водних відносин повинно базуватись на економічній оцінці водних ресурсів та стягненні плати за їх використання і штрафів за забруднення.

Основні затрати по експлуатації більшості складних та енергомістких водогосподарських комплексів у даний час покладені на Держводагентство України, оскільки до цього часу відсутній механізм компенсації затрат по експлуатації водогосподарських систем.

Водогосподарські організації здійснюють свою діяльність за рахунок бюджетних асигнувань, які з року в рік зменшуються. Це призвело до виникнення напруженої водогосподарської ситуації в маловодних регіонах, погіршення санітарно-екологічного стану водних джерел. Особливо це відчутно у періоди сухої та жаркої погоди літньо-осінньої межени.

З метою формування механізмів фінансового забезпечення водогосподарської діяльності необхідно, насамперед, проаналізувати витрати держави на утримання водогосподарських об'єктів, внести зміни до нормативно-правової бази, удосконалити юридичні, економічні та адміністративні аспекти управління. Сьогодні необхідно створити основи економічного механізму, здатного забезпечити акумулювання коштів і цільове фінансування природоохоронних заходів.

Серед інших найважливіших напрямів розвитку економічного механізму природокористування та природоохоронної діяльності, виконання яких необхідно забезпечити у найближчий період, мають бути:

1. Пріоритетність економічних важелів регулювання водних відносин, оптимальне їх поєднання з організаційними та правовими заходами; еколого-економічна регламентація водокористування.

2. Розробка основних принципів формування економічних механізмів регулювання водних відносин з урахуванням пріоритетів міжнародної діяльності держави у сфері використання і охорони водних ресурсів і адаптації водного законодавства України до законодавства Європейського співтовариства. Основні принципи і напрями розвитку економічних механізмів необхідно розробити з урахуванням пропозицій суб'єктів водогосподарського комплексу України, що охоплюють усі сфери його діяльності.

3. Подальше удосконалення організаційної структури і функціональної схеми впровадження басейнового принципу управління водним господарством. Забезпечення управління у водозбірних басейнах річок, включаючи економічний механізм.

4. Удосконалення тарифної політики щодо плати за водні ресурси, визначення механізмів погодження та видачі дозволів на спеціальне водокористування, лімітів забору води, безповоротного водокористування і скиду забруднюючих речовин у водні об'єкти з урахуванням їхньої ресурсної і відновлюваної спроможності. Перегляд питання про дію пільгових коефіцієнтів при нарахуванні плати за спеціальне водокористування деяким галузям економіки, включаючи нарахування плати за використання води на господарсько-питне водопостачання.

5. Розробка механізму щодо економічного стимулювання водозбереження та недопущення скидів забруднених вод.

6. Розробка методики визначення розмірів збитків, спричинених шкідливою дією вод, та порядок відшкодування витрат, пов'язаних з ліквідацією заподіяних наслідків.

7. Розробка і затвердження порядку планування та фінансування природоохоронних заходів з урахуванням пріоритетності фінансування з Державного фонду охорони навколишнього природного середовища загальнодержавних екологічних та комплексних програм.

8. Розробка економічних стимулів, що сприяють залученню іноземних інвестицій для вирішення регіональних проблем використання водних ресурсів. Економічні відносини України і світового співтовариства повинні будуватись на такій основі, яка передбачала б урахування водного фактора при кредитуванні та інших видах допомоги Світового банку, Європейського співтовариства та інших джерел.

### ***Основні напрями удосконалення управління водокористуванням за басейновим принципом***

Управління суб'єктами водокористування за басейновим принципом спрямоване на стале водозабезпечення галузей економіки і населення шляхом впровадження перспективних технологічних нормативів водокористування, запобігання шкідливої дії вод. Для більш повної реалізації басейнового принципу необхідно створити управлінські

структури, що будуть здійснювати в межах водозбірних басейнів функцій планування, координації і контролю з розмежуванням повноважень у питаннях використання водних ресурсів між органами державної влади і місцевого самоврядування. Ці принципи управління необхідно розробити і затвердити на законодавчому рівні, а також створити комплексну басейнову геоінформаційну систему з банком кадастрової інформації про водний фонд, водні ресурси та засоби їх регулювання, структуру земельних угідь і меліорованих земель.

Плановою основою басейнового принципу управління є цільова програма використання, охорони і відтворення водних ресурсів у водозбірному басейні на основі нормування антропогенного навантаження на них, вимог до якості води для забезпечення збереження само відновлювальної здатності і водорегулюючих функцій річок.

Наближенню національного екологічного законодавства до норм і директив ЄС сприятиме реалізація законодавчих актів, що повинні забезпечити інтегроване управління водними ресурсами.

В межах інтегрованого управління водними ресурсами України передбачається:

- створення басейнових органів управління водними ресурсами;
- створення структур, відповідальних за відтворення водних ресурсів;
- розробка нормативно-правових актів, що забезпечують розвиток;
- впровадження економічних механізмів регулювання;
- розробка цільових програм реконструкції і розвитку;
- програма фінансування галузі;
- організація екологічного моніторингу, у тому числі громадського;
- доступ до інформації, участь громадськості в обговоренні проблем та ухвалення спільних рішень.

Реформована система управління водними ресурсами дозволить забезпечити поліпшення соціальних умов життя населення і водопостачання держави в цілому, зменшити збитки від негативних наслідків шкідливого впливу вод.

Основною метою зараз є посилення ролі громадськості, залучення до даного процесу представників різних секторів громадськості, населення й осіб, що приймають рішення, підвищення рівня інформованості з питань стійкого розвитку й інтегрованого управління водними ресурсами. Передбачається посилення потенціалу неурядових організацій при вирішенні проблем у басейнах малих, середніх і транскордонних річок на регіональному, національному і місцевому рівнях.

Проведена комплексна оцінка водогосподарського комплексу (ВГК) України, в тому числі в розрізі основних басейнів річок дозволила

визначити основні напрями удосконалення управління водокористуванням за басейновим принципом.

*Поліпшення якості забезпечення водними ресурсами населення та галузей економіки.* Аналіз комплексної оцінки водокористування засвідчив необхідність впровадження басейнової системи управління водними ресурсами в Україні на основі сталого, гарантованого постачання населення і галузей економіки водою у необхідній кількості, якості і режимі з дотриманням оптимальних умов водокористування.

Основними цілями є:

- підвищення ресурсної спроможності, технологічної і санітарної надійності систем водопостачання;
- забезпечення гарантованого, екологічно безпечного водопостачання міського і сільського населення;
- оптимізація та стабілізація забору води і обсягів її використання в процесі структурної перебудови економіки і очікуваного зростання виробництва;
- зменшення непродуктивних безповоротних втрат води в процесі її транспортування і використання;
- зменшення водоємності продукції;
- забезпечення ресурсного та екологічного благополуччя водних джерел, досягнення балансу між рівнями шкідливого впливу забруднень на водні ресурси і їхньою спроможністю на відновлення.

До пріоритетних завдань відносяться:

- будівництво та реконструкція водосховищ, каналів, водоводів, резервуарів, розвідної мережі тощо;
- залучення у господарський обіг морських і шахтних вод, повторне використання стічних і колекторно-дренажних вод;
- штучне поповнення запасів підземних вод;
- розширення обсягів використання підземних вод для питних потреб населення;
- розвиток існуючих та створення нових систем водопостачання в містах і селищах;
- реконструкція аварійних мереж водопостачання із заміною спрацьованого обладнання;
- оснащення житлового фонду засобами обліку та споживання води;
- забезпечення якісним водопостачанням сільських населених пунктів;
- реконструкція і переоснащення промислових підприємств сучасним виробничим устаткуванням, упровадження і освоєння маловідходних, водоощадливих технологій (у тому числі безводних, маловодних і безстічних);

– скорочення використання прісної води промисловістю за рахунок залучення у господарський обіг морських, високомінералізованих підземних і шахтних вод, повторного використання стічних і колекторно-дренажних вод;

– відновлення роботи вивільнених потужностей оборотних систем;

– створення замкнутих систем водокористування (перспективний напрям);

– усунення причин фільтраційних й інших непродуктивних втрат води при її транспортуванні в комунальному і сільському господарстві;

– зменшення використання питної води на виробничі потреби у промисловості;

– удосконалення нормативно-правової та еколого-економічної бази водокористування;

– удосконалення системи обліку, моніторингу та контролю забруднення водних джерел, розроблення та введення в дію системи ідентифікації та інструментального контролю за стаціонарними джерелами забруднення вод із створенням відповідної інформаційної бази даних;

– захист водних об'єктів від забруднення поверхневим стоком із урбанізованих територій та сільськогосподарських угідь.

Вирішення цих завдань повинно супроводжуватися:

– підтримкою на державному рівні (за рахунок кредитування, стимулювання залучення власних коштів підприємств тощо) реконструкції споруд виробничого водопостачання підприємств енергетики, гірничо-металургійної, хімічної та інших галузей промисловості в комплексі заходів щодо їх структурної перебудови;

– впровадженням аудиту з метою еколого-економічної оцінки технологій водокористування;

– розробкою галузевих, регіональних, басейнових, місцевих та об'єктних науково-технічних та інвестиційних програм та проєктів.

– З метою забезпечення екосистемного регулювання водокористування передбачається:

– створення басейнової системи управління використанням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів;

– удосконалення системи регламентації водокористування з наданням безумовного пріоритету збереженню водних ресурсів, нормування експлуатаційної складової водних ресурсів для умов різної водності і якості води в джерелах;

– пріоритетне застосування економічних важелів регулювання водокористування і оптимальне поєднання їх з організаційними та правовими заходами;

- розроблення і впровадження науково обґрунтованих норм витрат води на одиницю виробленої продукції;
- лімітування забору води, безповоротного водоспоживання і скиду стічних вод з урахуванням ресурсної і самоочисної спроможності водних джерел;
- удосконалення схеми управління водними ресурсами і використанням водних об'єктів з розробленням і впровадженням методів оптимізації водогосподарського балансу, структури та пріоритетів водокористування шляхом поетапного територіально-пооб'єктного ліцензування та регламентації;
- розроблення і впровадження методів регулювання розміщення, розвитку і структури об'єктів-водокористувачів в залежності від ресурсної здатності та стійкості водних джерел до антропогенного навантаження;
- забезпечення засобами обліку та контролю водозабору та скиду води;
- стимулювання раціонального і ощадливого використання водних ресурсів.

*Удосконалення організаційної структури і функціональної схеми впровадження управління водними ресурсами за басейновим принципом.* Басейновий принцип управління визнано одним із ефективних методологічних засобів вирішення глобальних екологічних проблем водокористування, охорони вод і відтворення водних ресурсів. Стратегічна мета управління водними ресурсами за басейновим принципом полягає у забезпеченні басейнової збалансованості розвитку водного господарства, охорони вод і відтворення водних ресурсів на основі узгодженості правових засад і управлінських дій суб'єктів водокористування за басейновим принципом, спрямованих на стале водозабезпечення населення і галузей економіки, впровадження перспективних технологічних нормативів використання водних ресурсів, запобігання шкідливій дії вод.

Одним із напрямів розвитку басейнового управління є створення та забезпечення функціонування такого фінансового механізму, який би гарантував безпосередній зв'язок між платою за водокористування і фінансуванням пріоритетних водоохоронних заходів у межах басейну. Як свідчить зарубіжний досвід, найкращі результати управління водами досягаються там, де існує проста, справедлива і зрозуміла для всіх, і в першу чергу для водокористувачів, система встановлення, збирання та подальшого використання плати за забір і безповоротне споживання води та за скидання нормованих речовин із зворотною водою.

Постає задача побудувати оновлену систему управління водним господарством України відповідно до сучасних поглядів і принципів, з урахуванням останніх досягнень науки і техніки, і з її допомогою вивести

водне господарство з глибокої кризи, поставити на службу соціально-економічній відбудові нової демократичної країни, що стала на шлях незалежності.

У зв'язку з неможливістю швидкого вирішення всіх водних проблем, державна політика повинна будуватися на принципах визначення стратегічних цілей, на які орієнтується вся водогосподарська діяльність і з якими зіставляються як сучасні дії, так і ті, що плануються на найближчу перспективу, а також цілі перехідного періоду. Стратегічні цілі зумовлені головними водними інтересами суспільства, досягнення їх дозволить вирішити водогосподарські проблеми, усунути водні протиріччя і зняти водні обмеження при вирішенні соціально-економічних завдань.

Сучасний стан басейнового управління водокористуванням, охороною вод і відтворенням водних ресурсів України характеризується як складна система галузевих, відомчих і місцевих функцій і структур державного управління, які мають переважно галузеву і адміністративно-територіальну (а не басейнову спрямованість і недосконалий та незбалансований механізм водокористування, охорони вод і відтворення водних ресурсів).

Для більш системного і поглибленого опису сучасного стану басейнової системи України (БСУ) необхідно провести комплексну інвентаризацію діючих функціональних положень суб'єктів басейнового управління, законодавчих і нормативно-правових актів щодо регулювання їх взаємовідносин і відповідальності за стан і якість водних ресурсів. Необхідно також мати комплексну басейнову базу даних відповідно джерел забруднень і суб'єктів водокористування. Для цього необхідно провести комплексний екологічний експрес-аудит усіх суб'єктів водокористування і джерел забруднення. Системний аналіз сучасного стану БСУ допоможе конкретизувати напрями її розвитку і обсяги фінансування.

Керівні принципи розвитку басейнової системи управління визначені з орієнтацією на функціональну управлінську (а не господарську) сферу басейнової діяльності, у якій об'єктом управління виступає басейн річки з його діючою структурою водокористування, охорони вод і відтворення водних ресурсів, яку необхідно удосконалювати і розвивати.

Визначальними принципами розвитку БСУ повинні бути:

– пріоритетність екологічної безпеки водокористування і водоспоживання або пріоритетність екологічних політик суб'єктів басейнового водокористування як найвищих галузевих, корпоративних, місцевих пріоритетів і вирішального фактору екологічного оздоровлення басейну річки, поліпшення якості питної води та сталого розвитку;



– басейнова узгодженість екологічних політик суб'єктів БСУ і збалансованість їх політик водокористування і водогосподарської діяльності;

– самодостатність і самоокупність басейнової системи водокористування, охорони вод і відтворення водних ресурсів;

– еколого-економічна цілісність системи водокористування, охорони вод та відтворення водних ресурсів;

– забезпечення взаємодії суб'єктів БСУ на основі програмно-цільового методу управління, комплексного системного підходу і наявності Головного басейнового еколого-економічного координатора (Басейнової Ради);

– стандартизація процедур і процесу басейнового управління і нормалізація ієрархії відповідальності як гарантій ефективності басейнового управління і підсилення відповідальності за якість водних ресурсів і стан водних об'єктів басейну;

– гнучкість організаційно-правових структур і механізмів БСУ, здатних адекватно адаптуватися до зміни умов розвитку (політичних, економічних, законодавчих, результативних та інших);

– багатоваріантність механізмів еколого-інвестиційної діяльності та фінансування басейнових заходів;

– дієздатність механізму стимулювання ефективності БСУ і раціонального водокористування та відтворення водних ресурсів;

– наукова обґрунтованість управлінських рішень і освітянська підготовленість до їх здійснення;

– комплексність басейнової бази даних і ефективність зворотного зв'язку (моніторинг сталого розвитку басейну).

*Наукові засади, концепція та план впровадження басейнової системи в Україні.* Річковий басейн є природною одиницею екологічного районування, його межі, як правило, не співпадають з адміністративними кордонами, що стає на заваді екологічного управління. Звичайно басейн великої і середньої річки, який має площу водозбору 2 тис. км<sup>2</sup> і більше (для великої річки він перевищує 50 тис. км<sup>2</sup>) охоплює декілька адміністративних областей.

Наукове обґрунтування басейнових систем управління водами проводилось у багатьох країнах протягом останніх десятиріч паралельно зі спробами їх впровадження. Виходячи з того, що критерієм вибору є практика, саме результати впровадження басейнового підходу до управління і слід перш за все брати до уваги при створенні концепції такого підходу в Україні. Прикладом всебічно обґрунтованого впровадження басейнової системи управління, як свідчить вивчення світового досвіду, може служити система, реалізована у Франції, результати функціонування якої одержали загальне визнання, і кількість

прихильників ідеї запровадження такої системи у різних країнах зростає з кожними роком.

Згідно з прийнятими Верховною Радою України Основними напрямами державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки, довготерміновими цілями політики раціонального використання і відтворення водних ресурсів та екосистем є:

1. Зменшення антропогенного навантаження на водні об'єкти.
2. Досягнення екологічно безпечного використання водних об'єктів і водних ресурсів для задоволення господарських потреб суспільства.
3. Забезпечення екологічно стійкого функціонування водного об'єкта як елемента природного середовища зі збереженням властивості водних екосистем відновлювати якість води.
4. Створення ефективної структури управління і механізмів економічного регулювання охорони та використання водних ресурсів.

Для поетапного досягнення зазначених цілей необхідно здійснити комплекс заходів та такими пріоритетними напрямами:

1. Охорона поверхневих і підземних вод від забруднення.
2. Екологічно безпечне використання водних ресурсів.
3. Відродження і підтримання сприятливого гідрологічного стану річок та заходи боротьби із шкідливою дією вод.
4. Удосконалення системи управління охороною та використанням водних ресурсів.
5. Зменшення впливу радіоактивного забруднення.

*Створення Міжнародних басейнових рад.* Потреба врахування інтересів водокористування у басейнах річок, загострення проблеми забруднення води в міжнародних ріках і деградація їх екосистем визначають необхідність створення або зміцнення міжнародно-правової та інституціональної бази, здатної забезпечити протидію водно-екологічній загрозі. Зараз організаційно оформлене співробітництво існує в багатьох великих міжнародних басейнах річок. Воно здійснюється у межах спільних органів (комісії, комітети), що діють в усьому басейні, чи угод, підписаних двома або більше країнами. Тільки в Європі і Північній Америці діє близько 150 дво- і багатосторонніх угод про охорону і використання транскордонних водотоків. У Європі досвід співробітництва шляхом укладання угод і створення міжнародних органів накопичено у басейнах річок Дунай, Рейн, Ельба, Одер, Маас, Мозель, Саар, на інших континентах – Меконг, Ганг, Ніл, Св. Лаврентія та інших річок.

Позитивним фактором можна вважати усвідомлення міжнародним співтовариством того, що регулювання природокористування, охорона і відтворення природно ресурсного потенціалу може здійснюватися тільки у межах усієї річкової системи, тобто згідно з басейновим принципом.

Басейнові Ради створюються з метою встановлення ефективного механізму координації зусиль прикордонних держав з екологічного оздоровлення басейнів річок, розробки і підписання міжурядових угод і нормативних актів, ефективного обміну інформацією і забезпечення широкої участі всіх зацікавлених сторін. Створення Басейнових Рад повинно ґрунтуватися на існуючій, досить розвинутій законодавчій базі і практиці співробітництва між країнами басейнів річок у галузі охорони довкілля, спільного використання та охорони транскордонних водостоків. Прикордонні з Україною держави накопичили значний позитивний досвід упровадження та удосконалення басейнового принципу управління водними ресурсами і їхньою охороною. Здійснення цих завдань тісно пов'язане з вирішенням проблеми комплексної оцінки водокористування, які є необхідною умовою формування природного базису суспільства та водокористування.

Основні принципи територіальної організації водогосподарських комплексів повинні враховувати особливості формування водних ресурсів, а його розвиток – ґрунтуватись на симбіозі законів взаємодії природних систем і економіки (за пріоритетом перших), встановленні екологічних обмежень, створенні системи платежів за використання водних ресурсів і їх забруднення, впорядкуванні фінансування заходів по охороні, відтворенню і раціональному використанню водних ресурсів.

Взаємозв'язок водних ресурсів, залежність їхнього стану від структурно-функціональної організації господарського комплексу зумовлює необхідність регламентації управління за басейновим принципом. Створення раціональної, узгоджено діючої системи управління водними ресурсами і забезпечення умов для переходу до сталого, економічно збалансованого розвитку водогосподарських комплексів басейнів річок має бути організовано на базі Басейнового водогосподарського об'єднання.

З урахуванням показників комплексної оцінки водокористування можна вибрати оптимальний варіант розміщення водокористування; обґрунтувати ліміти водозабору і скиду забруднених стоків; забезпечити раціональне управління басейновими водогосподарськими комплексами.

З метою забезпечення екосистемного регулювання водокористування передбачається:

- створення басейнової системи управління використанням і охороною вод та відтворенням водних ресурсів;
- удосконалення системи регламентації водокористування з наданням безумовного пріоритету збереженню водних ресурсів, нормування експлуатаційної складової водних ресурсів для умов різної водності і якості води в джерелах;

– пріоритетне застосування економічних важелів регулювання водокористування і оптимальне поєднання їх з організаційними та правовими заходами;

– розроблення і впровадження науково обґрунтованих норм витрат води на одиницю виробленої продукції;

– лімітування забору води, безповоротного водоспоживання і скиду стічних вод з урахуванням ресурсної і самоочисної спроможності водних джерел;

– удосконалення схеми управління водними ресурсами і використанням водних об'єктів з розробленням і впровадженням методів оптимізації водогосподарського балансу, структури та пріоритетів водокористування шляхом поетапного територіально-пооб'єктного ліцензування та регламентації;

– розроблення і впровадження методів регулювання розміщення, розвитку і структури об'єктів-водокористувачів в залежності від ресурсної здатності та стійкості водних джерел до антропогенного навантаження;

– забезпечення засобами обліку та контролю водозабору та скиду води;

– стимулювання раціонального і ощадливого використання водних ресурсів.

Головна проблема, від вирішення якої залежить ефективність басейнового управління, полягає у створенні та забезпеченні функціонування такого фінансового механізму, який би гарантував безпосередній зв'язок між платою за водокористування і фінансуванням пріоритетних водоохоронних заходів у межах басейну. При цьому, як свідчить зарубіжний досвід, найкращі результати управління водами досягаються там, де існує проста і зрозуміла для всіх, і в першу чергу для водокористувачів, система встановлення, збирання та подальшого використання плати за забір води та за скидання нормованих речовин із зворотною водою. Це насамперед стосується Франції. Обґрунтованість збирання тут плати безпосередньо фінансовим агентством басейнового управління і наступного перерозподілу одержаних коштів серед водокористувачів гарантується чіткими демократичними процедурами обговорення та ухвалення фінансових рішень за участю всіх зацікавлених сторін, широким інформуванням громадськості щодо басейнової водної політики та екологічних програм на всіх стадіях їх розробки та здійснення.

Ключовим питанням передумови створення басейнової системи управління є створення для всього річкового басейну такого органу управління, який би включав до свого складу представників усіх верств суспільства, яких торкаються водні проблеми (як споживачів води, так і тих, хто відповідає за водозабезпечення). Метою створення такого

представницького органу є забезпечення на місцевому рівні вирішення будь-яких конфліктів інтересів, які можуть виникнути між промисловцями, аграріями, рибалками, урядовцями, членами громадських організацій і, зрозуміло, місцевим населенням. Ухвалення і введення в дію рішень здійснюється на місцевому рівні басейновим органом, який при цьому має гарантувати підтримання необхідної якості води і достатність сформульованих для цього вимог.

Одночасно цей орган має змогу фінансувати необхідні водоохоронні заходи. З іншого боку, нерівномірність розподілу водних ресурсів і Україні вимагає запровадження механізму міжбасейнового їх перерозподілу і відповідної ланки управління, яка була уповноважена здійснювати такий перерозподіл. Відповідно до вищевикладеного, пропонується створити при Кабінеті Міністрів України Національну (Державну) Водну Раду з узгоджувальними функціями. До складу Національної Водної Ради доцільно включити уповноважених представників заінтересованих центральних органів виконавчої влади, Національної Академії наук України, уповноважених представників місцевих органів виконавчої влади та місцевого самоврядування обласного рівня, а також представників водокористувачів загальнодержавного рівня. З метою забезпечення парламентського контролю за рішеннями, що приймаються Національною Водною Радою, до її складу можливо включення, за їх згодою, представників Верховної Ради України.

Виконавчим органом такої Ради доцільно визначити уповноважений Кабінетом Міністрів України (за Європейським водним законодавством – компетентний орган) центральний спеціально уповноважений орган виконавчої влади, який може виступати як головним розпорядником коштів Державного бюджету, так і на державному рівні вирішувати питання перекидання води у маловодні регіони, розв'язувати спірні питання міжбасейнового перерозподілу водних ресурсів, організувати і координувати виконання програм захисту від шкідливої дії вод, організаційно і фінансово забезпечувати експлуатацію водозахисних та протипаводкових гідротехнічних споруд загальнодержавного значення, готувати рішення Національної водної ради та регулювати взаємодію басейнових структур основної ланки басейнового управління водними ресурсами, представляти і захищати інтереси України в межах міжнародних угод про взаємодію на транскордонних водах. На сьогодні такі функції в основному покладені на Держводагентство і частково, в межах функції екологічного контролю та розробки водно-екологічних програм, на Мінприроди.

Основним завданням сьогодні є розробка структури та функціональної схеми основної ланки басейнового управління, розподіл

повноважень та завдань управлінських структур згідно з вертикаллю: Національна водна рада – басейнова рада (комісія) – басейнове водне управління – обласні управління водного господарства.

Від імені держави право постійного користування природними водами в басейнах річок, включаючи землі водного фонду і гідротехнічні споруди, надається державним басейновим управлінням водних ресурсів (БУВР), які створюються в системі Держводагентства України і є виконавчими органами Басейнових водних рад.

Безпосередня організація та здійснення заходів щодо захисту від шкідливої дії вод, ще однієї з функцій Басейнових водних рад покладається на обласні управління водного господарства, які також створюються в системі Держводагентства України і є виконавчими органами Басейнових водних рад.

До компетенції Басейнових водних рад належить:

- забезпечення взаємодії територіальних органів центральних органів виконавчої влади, структурних підрозділів обласних держадміністрацій, науково-дослідних установ Національної академії наук, підприємств, установ, організацій та об'єднань громадян при вирішенні проблем використання і відтворення водних ресурсів, оздоровлення і охорони водних об'єктів в басейні;

- сприяння реалізації міжнародних програм і проєктів та практична взаємодія з відповідними органами та установами, підприємствами і організаціями держав, що мають спільні з Україною річкові басейни;

- ради є головними басейновими координаторами і діють на громадських засадах.

До повноважень Басейнових управлінь водних ресурсів – виконавчих органів Басейнових водних рад при цьому доцільно віднести розробка планів управління річним басейном.

Басейнове управління водних ресурсів буде відносини з усіма водокористувачами на основі платності всіх видів водокористування. Плата за водокористування включає плату за спеціальне користування водою і землями водного фонду. Для визначення розмірів плати за спеціальне користування водою і землями водного фонду необхідно для усього басейну сформувати басейнову водогосподарську систему, яка б з мінімальними сумарними затратами на інженерні і технологічні заходи з оздоровлення водних об'єктів та на інженерне відтворення водних ресурсів задовольняла б потреби всіх розміщених в басейні користувачів води і забезпечувала б екологічно безпечні витрати і якість води в самих річках. Ці затрати повинні бути відшкодовані платним водокористуванням. Заходи по реалізації басейнової водогосподарської системи здійснює Басейнове управління водних ресурсів.

Басейнове управління водних ресурсів створює товарну продукцію – підготовлену до використання воду задовільної якості – і забезпечує необхідні режими водних об'єктів, прийом стічних вод, захист земель водного фонду від ерозії, підтоплення і затоплення, забруднення і засмічення. Басейнове управління здійснює свою діяльність в умовах госпрозрахунку за рахунок плати за воду, що забирається із водогосподарських систем, і плати за надані послуги. Басейнове управління укладає угоди з водокористувачами і відшкодовує їм збитки за порушення умов угоди. Плата за воду і послуги, добровільні внески та іноземні інвестиції утворюють басейновий фінансовий фонд. Водогосподарська діяльність повністю знімається з бюджетного фінансування. Інтереси власника водних ресурсів і водних об'єктів (державний бюджет) захищаються податками за рахунок відповідних відрахувань із прибуткової частини басейнового фінансового фонду Басейнового управління.

Отже, за виключенням цих податків до бюджету, решта коштів басейнового фінансового фонду буде витрачатись на реалізацію басейнової водогосподарської системи, тобто «вода буде оплачувати воду». Формується замкнута система економічного стимулювання екосистемного і економічного водокористування, коли плата за водокористування стимулює економію води через освоєння водозберігаючих технологій і водоохоронних заходів. Наявність такої системи фінансування створює ситуацію, коли плата за воду не може бути використана на інші цілі, окрім водоохоронних, що не тільки оптимізує процедури планування і фінансування заходів по раціональному використанню і охороні вод, а й виключає інфляційні явища. Невидимі при бюджетному фінансуванні співвідношення між платою за воду і затратами на неї в умовах басейнового фінансування стають прозорими і контрольованими.

З басейнового фонду частково фінансується діяльність Центрального органа виконавчої влади з питань водного господарства у галузі управління і контролю за використанням і охороною вод та відтворення водних ресурсів.

До повноважень Обласних управлінь водного господарства, як виконавчих органів Басейнових водних рад, належить здійснення функцій замовника і розпорядника II порядку коштів на здійснення робіт щодо захисту від шкідливої дії вод, забезпечення технічної експлуатації захисних гідротехнічних споруд, регулювання та контроль за дотриманням (через структурні підрозділи – районні та міжрайонні управління водного господарства) договірних відносин щодо платних послуг на подачу і відведення води для водокористувачів.

Впровадження Басейнової системи управління пропонується здійснювати за такими етапами:

*Перший етап (підготовчий).* Розробка змін і доповнень, необхідних для впровадження і розвитку басейнової системи управління для основних водних басейнів України, до Водного і Земельного кодексів, Законів про охорону довкілля, місцеве самоврядування та інших законодавчих і підзаконних актів і узгодження їх між собою. Розробка Концепції і Програми розвитку басейнових системи управління та Плану її впровадження.

*Другий етап (організаційно-експериментальний).* Створення і забезпечення діяльності Головного басейнового координатора з питань використання та відтворення водних ресурсів, охорони вод і оздоровлення водних об'єктів в складі Рад з екологічних проблем (еколого-інвестиційні менеджмент, аудит і підприємництво). Створення і забезпечення діяльності Басейнових управлінь водних ресурсів та їх структурних і функціональних підрозділів. Розробка і погодження басейнових і регіональних програм використання і відтворення водних ресурсів, охорони вод і оздоровлення водних об'єктів та їх впровадження.

*Третій етап (запроваджувальний).* Створення і забезпечення діяльності басейнових структур управління використання і відтворення водних ресурсів, охороною вод і оздоровленням водних об'єктів України. Розробка і впровадження державних, басейнових (т.ч. міждержавних) і регіональних (обласних) програм використання і охорони вод. Створення і забезпечення функціонування Державного і басейнових водно-еколого-інвестиційних фондів.

Основними завданнями басейнових органів управління мають стати:

1. Планування якості води в річці – тобто визначення мети функціонування і розвитку водоохоронного комплексу басейну, засобів її досягнення і дотримання, складання плану узгоджених заходів. Воно потребує моделювання водного об'єкта та тих дій, які впливають на його стан, прогнозування змін цього стану з урахуванням можливого управління. Необхідна оцінка сучасного стану річки, встановлення вимог щодо цілей якості води, басейнове нормування стану вод з визначенням характеристик «вхід-вихід» для річок, які перетинають державні кордони, а також адміністративні межі областей.

2. Організація управління, яка б поєднувала адміністративно-територіальну структуру органів державного управління водами, басейновим розгляданням водоохоронних задач, починаючи з встановлення видів і місць водокористування і закінчуючи організацією господарського механізму водокористування в умовах ринкових відносин. Це вимагає створення організаційної структури басейнового управління та



його організаційного забезпечення у вигляді відповідних правил, інструкцій та регламентів.

3. Регулювання водних відносин: юридичне адміністративне, економічне та технічне. Воно перш за все потребує створення необхідного нормативного забезпечення у вигляді системи нормативно-правових та інших нормативних документів, які б ураховували, з одного боку, конкретні гідрологічні та гідрохімічні умови, притаманні даному басейну річки, а з другого – еколого-економічні та соціальні інтереси населення тих областей, які належать до цього басейну. Відповідно до прийнятих нормативів мають видаватися дозволи на спеціальне водокористування, здійснюватися інші заходи правового регулювання разом із заходами економічного, адміністративно-управлінського і технічного регулювання: стягнення зборів за водокористування, штрафів за порушення водного законодавства і компенсацій за збитки внаслідок забруднення води, обмеження скидів зворотної (стічної, скидної, дренажної) води аж до закриття підприємства, розробка і реалізація інвестиційних водоохоронних проєктів та ін.

4. Контроль у процесі управління якістю води. Він передбачає басейновий моніторинг стану вод та забору із водних об'єктів свіжої води і скиду в них зворотної води, екологічну експертизу виробничих і інших споруд, що проєктуються, технічних засобів, технології та матеріалів, які впливають на стан вод, а також оперативний контроль над виконанням управляючих рішень і екологічне інспектування.

5. Облік, тобто підбиття підсумків діяльності з управління за певний час. Тут має бути створено ефективну інформаційну систему, яка б дозволяла оперативно одержувати систематизовані дані, необхідні для коригування поточних планів і розробки програми дії системи управління якістю води на наступний період.

Серед головних принципів упровадження басейнової системи можна назвати такі:

1. Поетапність у створенні і вдосконаленні системи.
2. Першочергове законодавче забезпечення створення басейнової системи управління (розробка і затвердження Верховною Радою України основних напрямів державної водної політики, внесення відповідних змін до Водного кодексу та інших законодавчих актів України).
3. Наступне за цим нормативно-методичне забезпечення нової системи управління (підзаконні акти Кабінету Міністрів України, міністерств та інших центральних органів виконавчої влади з поетапним їх введенням у дію по мірі створення й розвитку басейнового управління).
4. Опора на існуючий персонал органів державного управління при вирішенні питань кадрового забезпечення басейнової системи.

5. Максимальне використання позитивного зарубіжного досвіду при створенні організаційного забезпечення системи управління (формування функціональної, технічної, організаційної структур системи, розробка інструкцій і регламентів для оперативного персоналу щодо роботи системи).

6. Створення інтегрованої басейнової системи управління екологічними даними та інформацією. Створення системи моніторингу сталого розвитку басейну.

7. Використання всіх існуючих засобів для стимулювання впровадження системи управління: юридичних, адміністративних, економічних; максимальне об'єктивне інформування населення про стан справ, формування громадської підтримки впровадження системи; застосування примусових заходів у разі необхідності.

З метою удосконалення системи управління і механізмів регулювання використання і охорони водних ресурсів необхідно:

1. Забезпечити перехід від роботи на рівні відомчих структур до басейнових органів управління з розробкою економічних, юридичних, інституціональних і соціальних основ їхньої роботи. В структурі цих органів управління повинні бути представники всіх зацікавлених сторін, у тому числі представники неурядових організацій.

2. Посилити роль органів місцевого самоврядування в басейнах малих річок. Рекомендувати органам місцевого самоуправління контролювати водогосподарську діяльність, яка впливає на водні ресурси місцевого і державного значення.

3. Створити системи моніторингу, бази даних і обміну інформацією.

4. Законодавчо передбачити виділення коштів у бюджетах областей на цільові природоохоронні заходи, які будуть впливати на покращання стану водних ресурсів, насамперед саме на цій території.

5. Розробити тарифну політику водокористування.

6. Переглянути систему лімітування обсягів водокористування і водовідводу для підприємств-водокористувачів.

7. Посилити контроль за дотриманням природоохоронного законодавства землекористувачами шляхом введення відповідних санкцій, насамперед, економічних.

Плата за використання водних ресурсів повинна забезпечити їх відтворення та охорону. Вона має стати головним джерелом фінансування водоохоронних заходів, реконструкції і підтримання належного стану об'єктів, що експлуатуються водогосподарськими організаціями та заходів по запобіганню шкідливої дії вод.

Формування економічного механізму у водогосподарській діяльності є одним з головних шляхів реалізації основних принципів розвитку водного господарства. Економічне стимулювання здійснюється на базі повного платного водокористування для всіх водокористувачів, яке

повинне відповідати затратам на водозабезпечення у комплексі із заходами щодо оздоровлення водних об'єктів, яке забезпечується Басейновим управлінням водних ресурсів.

Можливість і необхідність введення повного платного водокористування зумовлені приватизацією і акціонуванням підприємств. Розміри плати за воду визначаються на басейновому рівні з урахуванням дефіцитності водних ресурсів, якості води і стану водних джерел. Басейнове управління водних ресурсів буде відносини з усіма водокористувачами на основі платності всіх видів водокористування. Плата за водокористування включає плату за спеціальне користування водою і землями водного фонду.

Для визначення розмірів плати за спеціальне користування водою і землями водного фонду необхідно для усього басейну сформувати басейнову водогосподарську систему, яка б з мінімальними сумарними затратами на інженерні і технологічні заходи із оздоровлення водних об'єктів та на інженерне відтворення водних ресурсів задовольняла б потреби всіх розміщених у басейні користувачів води і забезпечувала б екологічно безпечні витрати і якість води в самих річках. Ці затрати повинні бути відшкодовані платним водокористуванням. Заходи по реалізації басейнової водогосподарської системи здійснює Басейнове управління водних ресурсів. Басейнове управління водних ресурсів створює товарну продукцію – підготовлену до використання воду задовільної якості – і забезпечує необхідні режими водних об'єктів, прийом стічних вод, захист земель водного фонду від ерозії, підтоплення і затоплення, забруднення і засмічення. Басейнове управління здійснює свою діяльність в умовах госпрозрахунку за рахунок плати за воду, що забирається із водогосподарських систем, і плати за надані послуги. Басейнове управління укладає угоди з водокористувачами і відшкодовує їм збитки за порушення умов угоди. Плата за воду і послуги, добровільні внески та іноземні інвестиції утворюють басейновий фінансовий фонд.

Водогосподарська діяльність повністю знімається з бюджетного фінансування. Інтереси власника водних ресурсів і водних об'єктів (державний бюджет) захищаються податками за рахунок відповідних відрахувань із прибуткової частини басейнового фінансового фонду Басейнового управління.

Отже, за виключенням цих податків до бюджету, решта коштів басейнового фінансового фонду буде витрачатись на реалізацію басейнової водогосподарської системи, тобто «вода буде оплачувати воду. Формується замкнута система економічного стимулювання екосистемного і економічного водокористування, коли плата за водокористування стимулює економію води через освоєння водозберігаючих технологій і водоохоронних заходів. Наявність такої системи фінансування створює

ситуацію, коли плата за воду не може бути використана на інші цілі, окрім водоохоронних, що не тільки оптимізує процедури планування і фінансування заходів по раціональному використанню і охороні вод, а й виключає інфляційні явища. Невидимі при бюджетному фінансуванні співвідношення між платою за воду і затратами на неї в умовах басейнового фінансування стають прозорими і контрольованими.

Із басейнового фонду частково фінансується діяльність Центрального органа виконавчої влади з питань водного господарства у галузі управління і контролю за використанням і охороною вод та відтворення водних ресурсів.

Наявність басейнової системи управління, що володіє басейновими фондами фінансового забезпечення розвитку басейнової водогосподарської системи, забезпечить сталий розвиток екосистемного водокористування.

Важливо затрати на розподіл, відтворення і охорону водних ресурсів та оздоровлення водних об'єктів басейнової системи поставити у відповідність з платою за водокористування і забезпечити повне надходження цих коштів у басейновий фонд (чи прямо, чи через державний бюджет) та проконтролювати ефективність їхнього використання у межах басейнової і регіональних (обласних) програм.

Укладання договорів між Басейновим управлінням і водокористувачами є принципово новою формою організації водокористування. Вона має покласти край нерівноправним відносинам між тими, хто платить за водокористування, і тими, хто цю плату отримує. Бо до того часу той, хто отримує плату, ніяких зобов'язань щодо забезпечення потреб платника на себе не брав. Якість води у водному об'єкті може бути істотно різною, але плата стягується одна і та ж. За забір чистої води водокористувач платить стільки ж, скільки й за забір забрудненої води, яка не відповідає нормативам. Отримувач плати не несе відповідальності перед платником за якість ресурсу, який він йому не надає. У договорах на водокористування повинні обумовлюватись усі зобов'язання басейнового управління щодо кількості та якості водних ресурсів й інших параметрів водокористування, недотримання яких тягне за собою фінансові санкції до басейнового управління на користь водокористувача. Водночас басейнове управління повинно мати право на відшкодування своїх втрат безпосереднім винуватцем їх виникнення.

З другого боку, в договорах установлюється характеристика й обсяг водокористування, розміри плати за водокористування, строки її внесення, розмір пені за несвоєчасне внесення плати, інші обов'язки водокористувача та санкції за їх невиконання. Таким чином, у сфері водокористування та водоспоживання буде діяти механізм товарно-грошових відносин, в яких водні ресурси, вилучені з водного об'єкта, виступають як товар, який має споживну вартість.

Збирання плати за водокористування є головним джерелом надходжень до бюджету басейнових управлінь.

Розподіл коштів басейновим управлінням вимагає визначення пріоритетів, якими слід керуватися при виборі водокористувачів, яким надаються субсидії та позики, а також їх розмірів. Це є відповідальною задачею басейнового управління, для вирішення якої необхідно залучати висококваліфікованих експертів та сучасну наукову методологію. При цьому слід усіма засобами пропагувати та підсилювати стимулюючу роль субсидій та позик, коли їх спрямовують туди, де сам водокористувач інвестує значні власні кошти на водоохоронні заходи. Цим самим буде створюватися мотивація для інших водокористувачів, спонукаючи їх активізувати свою водоохоронну діяльність, яка б сприяла відтворенню вод і покращенню їхнього стану в майбутньому.

### ***Досвід запровадження інтегрованого управління водними ресурсами в зоні Полісся України з урахуванням міжнародних підходів***

Національні уряди розробляють стратегії використання та охорони водних ресурсів для своїх країн. Хоча реалізація цих стратегій може бути ефективною на різних рівнях, але там, де стратегії здійснюються на рівні басейну, завжди є можливість знайти рішення для «всього басейну» та подолати протиріччя між користувачами верхньої та нижньої течії, або користувачами з різних регіонів басейну. Підхід «для всього басейну» дозволяє оцінити впливи на системному рівні. Іншими словами, національні стратегії, міждержавні угоди та регіональні конвенції по транскордонним водам застосовуються до сформованих природою басейнів. Отже, взаємозв'язки між адмініструванням водними ресурсами в межах однієї країни та управлінням водними ресурсами басейнів стає більш динамічним та чутливим до екологічних, соціальних та економічних умов, що змінюються.

Водна Рамкова Директива ЄС (ВРД ЄС 2000) визнає річковий басейн в якості головної природної одиниці водного середовища [Порівняльний аналіз українського законодавства в галузі водних ресурсів]. Директива вимагає визначення районів річкового басейну, які можуть охоплювати одну або кілька річок, а також підготовку обов'язкових (на законодавчому рівні). Планів управління річковим басейном для кожного району річкового басейну. Використання європейськими країнами басейнового підходу в дослідженнях та в управлінні водними ресурсами систематично використовувалося і раніше, але річкові басейни стали центральною концепцією в управлінні водними ресурсами лише при вступі в дію Водної Рамкової Директиви у 2000 р.

Постає проблема розробки єдиної методології для усієї країни, яка дозволяла б максимально врахувати особливості кожного басейну великої чи середньої річки, та забезпечити дійсно оптимальне управління водними

ресурсами за умов неоднорідності розподілу водних ресурсів на території басейнів великих річок України, змін клімату, удосконалення систем і технологій очищення зворотних вод, удосконалення та зміни режимів функціонування гідротехнічних споруд, змін у структурі водокористування, у т.ч. збільшення площ та підвищення ефективності зрошуваного сільського господарства, тощо. Відповідно до Водної Рамкової Директиви ЄС для басейну кожної великої річки повинен бути розроблений План управління річковим басейном (ПУРБ).

В Україні проведена велика робота по запровадженню саме басейнового принципу управління водними ресурсами. Окрім вищезазначеного, зроблені відповідні зміни у Водному Кодексі України, затверджено комплекс державних програм, концепцій та методик, які передбачають моніторинг даних та запровадження управління водними ресурсами, з урахуванням басейнового принципу [Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра]. Однак має місце певний відрив теоретичних засад від практичних рекомендацій. Наприклад, відсутня вітчизняна методика розрахунку водогосподарського балансу – є тільки радянська. Необхідно створювати та удосконалювати й інші аспекти підтримки прийняття рішень з оптимального управління водними ресурсами.

Формування всеохоплюючої характеристики стану водних ресурсів та стійкості водних екосистем вимагає збору та систематизації великого обсягу інформації, яка формується у ряді відомств та установ. У Європі цю діяльність виконують ЄАОС – Європейське Агентство оточуючого середовища та інші міжнародні організації. В Україні збір та узагальнення такої інформації на державному, регіональному і басейнових рівнях має проводити Міністерство екології і природних ресурсів разом з Державним агентством водних ресурсів України, Гідрометцентром та іншими учасниками проведення моніторингу вод. Нині якість показників, які характеризують водні ресурси, в Україні недостатня і неповна.

В Україні майже всі великі річкові басейни є транскордонними – це басейни річок Дніпро, Сіверський Донець, Дністер, Західний Буг, Тиса, Дунай. Згідно з принципами, викладеними у ряді Конвенцій, до яких приєдналась Україна, для управління транскордонними (міжнародними) річковими басейнами створюються Міжнародні басейнові комісії. У даний час у світі діють десятки таких комісій. Найбільш авторитетна серед них Міжнародна Комісія захисту річки Дунай (ICPDR), членом якої є Україна. Міжнародне співробітництво у цій сфері координує міжнародний орган – Глобальне водне партнерство (ГВП) та його 11 технічних комітетів (зокрема, у Братиславі – для країн Східної Європи). Це дозволить отримувати методичну, технічну та іншу допомогу у впровадженні інтегрованого управління річковими басейнами, використати міжнародний досвід щодо оцінки стану водних екосистем.

Головними завданнями міждержавних басейнових комісій є методично узгоджені між країнами басейну аналіз і оцінка стану водних ресурсів та співпраця щодо розробки узгодженого Плану управління річковим басейном, а також реалізація програми заходів, спрямованих на досягнення стратегічних цілей у річковому басейні – належної якості води та сталого екологічного стану водних екосистем.

Важливим етапом впровадження басейнового принципу управління водними ресурсами є розробка планів управління річковими басейнами. План управління річковим басейном повинен обов'язково включати нанесені на карту межі басейнів та суббасейнів, що відносяться до даного району річкового басейну. Необхідність виділення таких меж потребує проведення нового гідрографічного районування території України. Гідрографічне районування – це поділ території України на гідрографічні одиниці, який здійснюється для розробки планів управління річковими басейнами. Гідрографічними одиницями є райони річкових басейнів та суббасейни у їх межах. Райони річкових басейнів є головною одиницею управління в галузі використання і охорони водних об'єктів, які складаються з басейнів відповідних річок і пов'язаних з ними підземних водних об'єктів.

Використання європейськими країнами басейнового підходу в дослідженнях та в управлінні водними ресурсами систематично використовувалося і раніше, але річкові басейни стали центральною концепцією в управлінні водними ресурсами лише при вступі в дію Водної Рамкової Директиви. Територія річкового басейну може бути басейном однієї великої річки або, в іншому випадку, включати кілька басейнів малих річок. З іншого боку, територія річкового басейну може повністю розміщуватися в межах однієї країни, або в межах двох і більше країн. В багатьох випадках територія річкового басейну ділиться між кількома країнами (між країнами – членами ЄС, або між країнами, що є членами ЄС та країнами, що до нього не входять). Більшість великих європейських річкових басейнів знаходиться в межах кількох країн. Відповідно, для аналізу річкового басейну та управління ним потрібно транскордонне співробітництво.

Управління реалізацією Директиви розподіляється між регіональними і національними рівнями. Більшість країн мають компетентні органи, як на національному рівні, так і на рівні територій річкових басейнів. Міжнародні комісії по річковим басейнам грають важливу роль в координації реалізації ВРД в державах-членах ЄС. Найбільш активними комісіями в річкових басейнах Європи є Міжнародна комісія по захисту річки Одер від забруднення (ICPOAP), Міжнародна комісія по захисту річки Ельба (IKSE), Міжнародна комісія по захисту річки Дунай (ICPDR), Міжнародна комісія по захисту річки Рейн (ICPR),

та міжнародна комісія по Шельді (ISC). З наведених вище комісій Міжнародна комісія по захисту річки Дунай має кілька країн-членів, що не входять до складу Європейського Союзу. Ця комісія є прикладом організованої керівної структури в міжнародній території річкового басейну, що виходить за межі ЄС. Визначення територій річкових басейнів в державах-членах ЄС, в цілому, виконується на базі гідрографічних меж.

Потреба врахування інтересів водокористування у басейнах річок, загострення проблеми забруднення води в міжнародних ріках і деградація їх екосистем визначають необхідність створення або зміцнення міжнародно-правової та інституціональної бази, здатної забезпечити протидію водно-екологічній загрозі. Зараз організаційно оформлене співробітництво існує в багатьох великих міжнародних басейнах річок. Воно здійснюється у межах спільних органів (комісії, комітети), що діють в усьому басейні, чи угод, підписаних двома або більше країнами.

Основним завданням сьогодні є розробка структури та функціональної схеми основної ланки басейнового управління, розподіл повноважень та завдань управлінських структур згідно з вертикаллю: Національна водна рада – басейнова рада (комісія) – басейнове водне управління – обласні управління водного господарства.

Для вирішення проблеми інтегрованого управління водними ресурсами в Україні створені міжвідомчі і басейнові ради, проводиться робота в рамках міжнародних екологічних проєктів.

Формуються міждержавні консультативні органи інтегрованого управління басейнами транскордонних річок для впровадження сучасних комп'ютерних систем підтримки інтегрованим управлінням. Передбачається створення постійно оновлюваної системи підтримки управлінських рішень, оцінки й аналізу водно-ресурсного потенціалу транскордонних вод басейна Дніпра. За фінансової підтримки Європейського Співтовариства розробляються та удосконалюються проєкти з питань управління водними ресурсами і захисту від паводків у басейні Дніпра, Тиси, Західного Бугу та Сіверського Дінця. У цьому напрямку Держводагентство України активно співпрацює з Шведським агентством міжнародного розвитку, у рамках програми TACIS, НАТО, Датським агентством співробітництва з державами Східної Європи (DANCEE), Швейцарською Конфедерацією, Угорщиною, США, Польщею та іншими країнами.

У межах програми UNDP/GEF «Оздоровлення басейну Дніпра», а також Програми JDRC (Канада) закладені основи створення басейнової інформаційної системи Дніпра. На основі космічних, геоінформаційних та інтернет-технологій передбачається створення постійно оновлюваної



системи підтримки управлінських рішень, оцінки й аналізу водно-ресурсного потенціалу транскордонних вод басейну Дніпра.

Басейнові ради здійснюють свою діяльність у взаємодії з відповідними басейновими управліннями водних ресурсів, регіональними офісами водних ресурсів, Міністерством екології та природних ресурсів України, Держводагентством, місцевими органами виконавчої влади, територіальними органами центральних органів виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, що здійснюють свої повноваження у межах суббасейнів, відповідно до проведеного до нового гідрографічного районування території України, іншими зацікавленими організаціями, установами, підприємствами, громадськими об'єднаннями (рис. 31.4).



Рис. 31.4. Система басейнових рад України за даними Держводагентства на кінець 2021 р.

До складу басейнових рад входять представники зацікавлених сторін: центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, Басейнових управлінь водних ресурсів, Регіональних офісів водних ресурсів, водокористувачів, підприємств, установ, організацій, громадських об'єднань, що здійснюють свою діяльність у межах відповідного суббасейну або діяльність яких пов'язана з відповідним річковим басейном.

Басейнова рада – це консультативно-дорадчий орган у межах території річкового басейну, утворений при центральному органі виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері розвитку водного господарства, з метою забезпечення раціонального використання

і охорони вод та відтворення водних ресурсів, інтегрованого управління ними. Басейнова рада утворюється центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері розвитку водного господарства, для вироблення пропозицій та забезпечення узгодження інтересів підприємств, установ та організацій у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів у межах басейну.

На території Поліського регіону розташовані Басейнові ради річки Прип'ять, річок Західного Бугу та Сяну, Десни та верхнього Дніпра. Вони створені Держводагентством та є консультативно-дорадчими органами відповідно у межах суббасейну Прип'яті, Західного Бугу та Сяну району басейну річки Вісла, Десни та верхнього Дніпра (див. рис. 31.4).

Основними завданнями басейнової ради є:

1. Вироблення пропозицій та забезпечення узгодження інтересів підприємств, установ та організацій у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів у межах суббасейну;
2. Сприяння забезпеченню інтегрованого управління водними ресурсами у межах суббасейну;
3. Забезпечення узгодження інтересів та координації дій зацікавлених сторін щодо управління водними ресурсами на території суббасейну;
4. Сприяння співпраці центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ, організацій, міжнародних організацій та експертів у забезпеченні досягнення «доброго» екологічного та хімічного стану масивів поверхневих вод, «доброго» хімічного та кількісного стану масивів підземних вод, а також «доброго» екологічного потенціалу штучних та істотно змінених масивів поверхневих вод у межах території суббасейну;
5. Надання пропозицій до проєкту плану управління;
6. Сприяння виконанню плану управління, державних, цільових, галузевих, регіональних і місцевих екологічних програм і проєктів;
7. Сприяння розробленню та реалізації програм і проєктів технічної допомоги, залученню інвестицій для виконання заходів, спрямованих на покращення екологічного стану суббасейну;
8. Оцінка виконання плану управління.

Басейнова рада відповідно до покладених на неї завдань:

- розглядають та схвалюють проєкти планів управління;
- беруть участь у заходах з реалізації планів управління;
- сприяють впровадженню ефективних економічних механізмів забезпечення реалізації планів управління;
- готують пропозиції щодо залучення коштів бюджетів різних рівнів та інвестицій для виконання заходів планів управління;
- розглядають та схвалюють річні звіти про виконання планів управління;

– сприяють здійсненню узгоджених дій для покращення екологічного стану суббасейну;

– організовують взаємодію з питань, пов'язаних зі збором, регулярним обміном і поширенням екологічної, в тому числі водогосподарської, інформації у межах суббасейну;

– розглядають питання щодо екологічного, кількісного та якісного стану водних ресурсів суббасейну, аналізу й оцінки ризиків недосягнення покращення екологічного стану водних ресурсів суббасейну та наслідків його змін для природних екосистем і галузей господарства, а також прогнозу процесів, що впливають на якість водних ресурсів й обсяги водокористування;

– надають пропозиції щодо екологічних цілей планів управління та можливих відхилень від строків їх досягнення;

– розглядають питання водогосподарського балансу та соціально-економічного розвитку на території суббасейну;

– надають пропозиції щодо вжиття найважливіших (пріоритетних) заходів з екологічного оздоровлення суббасейну та механізмів їх фінансування;

– сприяють розвитку міжнародної співпраці у суббасейні.

Виходячи з положень, законодавчих актів, якими створено передумови реформування організаційної структури водогосподарських організацій відповідно до басейнового принципу управління, як сучасного підходу до управління водними ресурсами, відповідними наказами Держводагентства в районі річки Дніпро створено Басейнове управління водних ресурсів річки Прип'ять в межах Житомирської, Волинської та Рівненської областей у відповідній взаємодії з 4 іншими областями, які охоплює басейн річки Прип'ять, а саме: Київською, Львівською, Тернопільською та Хмельницькою (рис. 31.5).

В басейні річки Прип'ять протікає 4429 водотоків сумарною довжиною 20075 км, з яких 4010 – це річки довжиною менше 10 км, довжиною 11304 км, що складає 56% від загальної довжини; 50 водосховищ загальним об'ємом 230,19 млн м<sup>3</sup>, 2130 ставків з об'ємом 265,9 млн м<sup>3</sup>. Всього на території Житомирської області несуть води 2822 річок, загальною довжиною 13,7 тис.км., з них середніх – 8. Це Тетерів, Случ, Ірпінь, Ірша, Ствига, Уж, Уборть, Словечна, решта – малі та струмки довжиною менше 10 км, на них побудовано 53 водосховища та 2075 ставків.

На сьогодні в області нараховується 425,3 тис. га меліорованих земель, з них гончарним дренажем – 296,9 тис. га, у тому числі 188,1 тис. га з двобічним регулюванням. Протяжність каналів усіх систем 13,6 тис. км, у тому числі внутрішньогосподарських 6,5 тис. км. На цих каналах

побудовано 13,2 тис. гідротехнічних споруд, половина з яких на внутрішньогосподарських системах.



Рис. 31.5. Територіальна схема та гідрографічна мережа Басейнової ради та БУВР річки Прип'ять

Басейнове управління водних ресурсів в зоні Полісся належать до сфери управління центрального органу виконавчої влади, які реалізують державну політику у сфері водного господарства і гідротехнічної меліорації земель, управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів Державного агентства водних ресурсів України.

Основними завданнями басейнового управління є забезпечення державного управління водними ресурсами, з метою досягнення «доброго» екологічного стану масивів поверхневих та підземних вод, які визначені затвердженим Положенням про басейнове управління водних ресурсів. Басейнове управління водних ресурсів річки Прип'ять визначено відповідальною організацією за формування складу басейнової ради річки Прип'ять та підготовку зборів представників заінтересованих сторін.

Як елемент інтегрованого управління річковим басейном, з метою координації питань пов'язаних з раціональним і комплексним використанням водних ресурсів у басейні річки Прип'ять, встановленням оптимальних режимів роботи водосховищ комплексного призначення створено Міжвідомчу комісію по узгодженню режимів роботи та управлінню водними ресурсами в басейні річки Прип'ять, яка є дорадчо-консультативним органом при Басейновому управлінні водних ресурсів річки Прип'ять.

Основні завдання БУВР:

1) забезпечення реалізації державної політики у сфері управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів у межах суббасейнів відповідних річок;

2) спрямування та координація діяльності організацій, що належать до сфери управління Держводагентства, з питань управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів у межах суббасейнів відповідних річок.

До функцій БУВР належать:

1) внесення пропозицій Держводагентству, органам виконавчої влади і місцевого самоврядування щодо розробки державних цільових і регіональних програм з питань управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів;

2) розробка планів управління суббасейнами відповідних річок;

3) за координацією Держводагентства організація роботи відповідних басейнових рад;

4) координація роботи водогосподарських організацій у частині впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом;

5) узагальнення результатів моніторингу якості вод у контрольних створах у районах основних водозаборів комплексного призначення, міжгосподарських систем міжгалузевого та сільськогосподарського водопостачання;

6) проведення аналізу якості поверхневих вод та сповіщення органів виконавчої влади і органів місцевого самоврядування, організація розроблення оперативних та довгострокових прогнозів зміни екологічного стану водних об'єктів, а також надання результатів Держводагентству;

7) розробка водогосподарських балансів, участь у вирішенні питань, пов'язаних із міжбасейновим, міждержавним розподілом стоку річок і використанням прикордонних вод;

8) узагальнення та аналіз даних про водогосподарську і гідрологічну обстановку та надання оперативної інформації Держводагентству;

9) координація здійснення заходів щодо екологічного оздоровлення поверхневих вод;

10) забезпечення у межах компетенції контролю за дотриманням встановлених режимів водосховищ, водогосподарських систем і каналів;

11) узагальнення та аналіз результатів державного обліку використання водних ресурсів та надання пропозицій Держводагентству щодо наповнення державного водного кадастру за розділами «Поверхневі водні об'єкти» і «Водокористування»;

12) організація наукової, науково-технічної, інвестиційної, інформаційної, видавничої діяльності, сприяння створенню і впровадженню сучасних інформаційних технологій та комп'ютерних

мереж у сфері розвитку водного господарства і гідротехнічної меліорації земель, управління, використання та відтворення водних ресурсів;

13) забезпечення інформування громадськості про реалізацію державної політики у сфері розвитку водного господарства і гідротехнічної меліорації земель, управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів, а також проведення заходів з популяризації екологічних знань, дбайливого ставлення до водних ресурсів, забезпечення відкритості діяльності шляхом взаємодії зі ЗМІ та використання засобів поширення інформації.

Структура управління БУВР річки Прип'ять представлена на рис. 31.6.



Рис. 31.6. Структура управління БУВР річки Прип'ять

Особлива роль в системі інтегрованого управління водними ресурсами належить *відділу водних відносин та басейнової взаємодії*, який здійснює контроль за дотриманням режимів роботи водо сховищ та водогосподарських систем; організовує проведення заходів, пов'язаних з попередженням шкідливої дії вод і ліквідацією її наслідків, включаючи протипаводковий захист сільських населених пунктів та сільськогосподарських угідь області; реалізує заходи щодо відновлення водних ресурсів області та підтримання їх у належному екологічному стані, заходів, пов'язаних з попередженням шкідливої дії вод і ліквідацією їх наслідків, включаючи протипаводковий захист населених пунктів та земель, заходів щодо екологічного оздоровлення поверхневих вод та догляду за ними; бере участь у забезпеченні роботи функціональної відомчої системи із запобігання та реагування на надзвичайні ситуації; здійснює заходи щодо запобігання надзвичайним ситуаціям, зменшення руйнівних наслідків повеней, забезпечення безаварійного пропуску повеней, паводків та льодоходу.

Важлива роль в реалізації державної політики у сфері використання, збереження та відтворення поверхневих вод належить *відділу ведення водного кадастру та моніторингу вод*, який відповідає за збереження та відтворення поверхневих вод, розвиток водного господарства, здійснення у водогосподарському комплексі області єдиної технічної політики, впровадження досягнень науки і техніки, передового досвіду роботи; забезпечення потреб населення і галузей економіки області у водних ресурсах; визначення потреб населення і галузей економіки області у водних ресурсах, розробку пропозицій щодо визначення пріоритетів розвитку водного господарства; здійснення державного обліку водокористування; аналіз інформації про обсяги використаних водних ресурсів, достовірності звітних даних про обсяги використаної води водокористувачами всіх галузей економіки; заходи щодо екологічного оздоровлення річок, спостереження за станом цих водних об'єктів, гідротехнічних споруд та дотриманням режимів роботи водосховищ, надання у межах повноважень пропозицій до програми соціально-економічного розвитку області.

За стабільну та ефективну роботу інженерної мережі несе відповідальність *відділ з управління інфраструктурою*, мета якого - здійснення виробничої діяльності щодо збереження технологічної цілісності та покращення обслуговування меліоративних систем області; забезпечення проведення комплексу організаційно-технічних заходів по охороні і утриманню в робочому стані всіх елементів меліоративних систем; забезпечення регулювання водно-повітряного режиму осушених земель, створення умов для їх ефективного сільськогосподарського та екологічно безпечного використання в умовах реформування аграрного сектору; розроблення перспективних та щорічних планів капітального та поточного ремонтів водогосподарських об'єктів; організація робіт щодо розробки і здійснення заходів, направлених на покращення стану меліоративних систем, осушених земель і запобігання їх замулення, проведення своєчасних ремонтно-доглядових робіт, виконання договорів з власниками внутрігосподарських меліоративних фондів, технічного переозброєння, удосконалення та збереження технологічної цілісності водогосподарських об'єктів, підготовки їх до зимових умов роботи, до вегетаційного періоду, до пропуску повені тощо.

Водночас *гідрогеолого-меліоративний відділ* виконує комплекс досліджень з метою вивчення, оцінки і контролю гідрогеолого-меліоративної обстановки на осушуваних і прилеглих до них землях; проводить польові дослідження та спостереження, обробку та зберігання первинних матеріалів відповідно до методик; веде облік та оцінку показників гідрогеолого-меліоративного стану осушуваних сільськогосподарських угідь та технічного стану меліоративних систем;

здійснює оцінку ефективності меліоративних заходів та виявлення причин і тенденцій змін меліоративного стану осушуваних угідь та оцінку впливу меліорації на якість та родючість ґрунтів.

Важливим структурним підрозділом Басейнового управління водних ресурсів річки Прип'ять є *служба техногенно-екологічної безпеки*, яка організовує розробку та виконання заходів для забезпечення безаварійного пропуску льодоходу, повені та паводків на меліоративних системах, водогосподарських спорудах, включаючи протипаводковий захист сільських населених пунктів та сільськогосподарських угідь; здійснює прийом, аналітичну обробку і підготовку інформації про водогосподарську обстановку по водним об'єктам басейну річки Прип'ять для надання її Кризовому центру Держводагентства, органам ДСНС, органам влади та місцевого самоврядування; координує дії водогосподарських організацій області з питань техногенно-екологічної безпеки на водних об'єктах, забезпечує роботу функціональної підсистеми протипаводкових заходів єдиної державної системи цивільного захисту.

Басейнове управління водних ресурсів річки Прип'ять у 2021 році спрямувало свою діяльність на забезпечення потреб населення та галузей економіки Житомирської області у водних ресурсах, їх раціонального використання, забезпечення працездатності водогосподарської інженерної інфраструктури.

Зокрема, встановлювались режими роботи водних об'єктів для забезпечення галузей економіки водними ресурсами, безаварійного пропуску повені і паводків та забезпечення санітарних витрат з водосховищ та ставків в басейнах річок; виконані основні завдання щодо ведення державного обліку водокористування; забезпечено виконання діагностичного моніторингу вод та аналіз якісного стану масивів поверхневих вод у суббасейні Прип'яті; проводився аналіз якості поверхневих вод та сповіщення органів виконавчої влади щодо якісного стану вод з метою прийняття управлінських рішень щодо покращення якісного стану масивів поверхневих вод; проводились ремонтно-експлуатаційні заходи на водогосподарських об'єктах області, покращувався технічний стан меліоративних систем; укладено договори із землекористувачами на проведення подвійного регулювання водно-повітряного режиму меліорованих сільськогосподарських угідь.

За даними державного водообліку підготовлено Національну доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання, Екологічний паспорт регіону про водні ресурси області та Регіональну доповідь про стан навколишнього природного середовища Житомирської області за розділом «Водні ресурси». На виконання пріоритетів діяльності Басейнового управління водних ресурсів річки Прип'ять забезпечено виконання завдань з підготовки елементів плану управління річковим



басейном, основною ціллю якого є досягнення доброго екологічного стану масивів поверхневих вод.

Стратегічною метою екологічно безпечного використання водних ресурсів сьогодні є забезпечення пріоритету природоохоронних функцій над господарськими, раціональне використання поверхневих та підземних вод, широке впровадження водозберігаючих технологій у всіх галузях економіки, а отже – стійке водокористування при сталому розвитку економіки. В основні реалізації такої стратегії – впровадження принципів Інтегрованого управління водними ресурсами.

Басейновий принцип управління визнано одним із ефективних методологічних засобів вирішення глобальних екологічних проблем водокористування, охорони вод і відтворення водних ресурсів. Стратегічна мета управління водними ресурсами за басейновим принципом полягає у забезпеченні басейнової збалансованості розвитку водного господарства, охорони вод і відтворення водних ресурсів на основі узгодженості правових засад і управлінських дій суб'єктів водокористування за басейновим принципом, спрямованих на стале водозабезпечення населення і галузей економіки, впровадження перспективних технологічних нормативів використання водних ресурсів, запобігання шкідливій дії вод. За допомогою інтегрованого підходу координується управління водними ресурсами в різних секторах економіки або зацікавленими групами в різних масштабах – від місцевого до міждержавного рівня.

Інтегроване управління водними ресурсами вимагає включення в процеси розробки національної політики та законодавчої бази, створення більш досконалої системи управління та більш ефективної інституційної та регулюючої структури, необхідної для розробки більш справедливих та стійких рішень. В межах інтегрованого управління водними ресурсами України передбачається створення басейнових органів управління водними ресурсами; створення структур, відповідальних за відтворення водних ресурсів; розробка нормативно-правових актів, що забезпечують розвиток; впровадження економічних механізмів регулювання; розробка цільових програм реконструкції і розвитку; програма фінансування галузі; організація екологічного моніторингу та ін.

Ключовим питанням передумови створення басейнової системи управління є створення для всього річкового басейну такого органу управління, який би включав до свого складу представників усіх верств суспільства, яких торкаються водні проблеми (як споживачів води, так і тих, хто відповідає за водозабезпечення). Метою створення такого представницького органу є забезпечення на місцевому рівні вирішення будь-яких конфліктів інтересів. Для вирішення проблеми інтегрованого управління водними ресурсами в Україні створені міжвідомчі і басейнові

ради, проводиться робота в рамках міжнародних екологічних проєктів. Формуються міждержавні консультативні органи інтегрованого управління басейнами транскордонних річок для впровадження сучасних комп'ютерних систем підтримки інтегрованим управлінням.

Поліський регіон України характеризується потужною та розвиненою гідрографічною мережею річок, має транскордонне значення, оскільки межує з гідрографічною мережею відповідних регіонів, що зумовлює надзвичайну актуальність вирішення тут питання інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом.

Басейнові Ради, в тому числі басейнова рада річки Прип'ять створюються з метою встановлення ефективного механізму координації зусиль прикордонних держав з екологічного оздоровлення басейнів річок, розробки і підписання міжурядових угод і нормативних актів, ефективного обміну інформацією і забезпечення широкої участі всіх зацікавлених сторін.

Від імені держави право постійного користування природними водами в басейнах річок, включаючи землі водного фонду і гідротехнічні споруди, надається державним басейновим управлінням водних ресурсів, які створюються в системі Держводагентства України і є виконавчими органами басейнових водних рад. Басейнове управління водних ресурсів річки Прип'ять в зоні Полісся належать до сфери управління Держводагентства України як центрального органу виконавчої влади яке реалізує державну політику у сфері водного господарства і гідротехнічної меліорації земель, управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів.

### *Література до розділу*

1. Павлов В. І., Сташук А. В. Басейнове управління водними ресурсами: досвід та пріоритети. Рівне : НУВГП, 2013. 334 с.
2. Водне господарство в Україні / за ред. А. В. Яцика, В. М. Хорєва. К. : Генеза, 2000. 456 с.
3. Водний кодекс України (із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 21.09.2000 р. №1990-111). 38 с.
4. Гончаров С. М., Дупляк В. Д. Основи менеджменту та маркетингу. К. : НМКВО, 1992. 298 с.
5. Дезірон О. В. Водокористування в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку. *Водне господарство України*. К., 2003. № 3–4. С. 4–8.
6. Економіка і екологія водних ресурсів Дніпра : посібник / В. Я. Шевчук, М. В. Гусєв, О. О. Мазуркевич, В. М. Навроцький, Ю. М. Саталкін, В. М. Трегобчук, А. В. Яцик ; за ред. В. Я. Шевчука. К. : Вища школа, 1997. 207 с.

7. Єдине відомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод : наказ Мінікоресурсів України № 485 від 24.12.2001 р. К., 2001.

8. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України. *Відомості Верховної Ради УРСР*. 1991. № 41. 546 с.

9. Каленіченко Л. І., Карук Б. П., Тищенко О. І. Управління водогосподарськими комплексами. К. : ДШЕВР, 2000. 328 с.

10. Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості води : затв. постановою Верховної Ради України від 27 лютого 1997 р., № 123/-ВР. К. : ІПК «Укрводприрода», Галузевий центр науково-технічної інформації і фонд стандартів, Мінекобезпеки України, 1997. 92 с.

11. Порівняльний аналіз українського законодавства в галузі водних ресурсів та основних положень Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу від 23 жовтня 2000 року «Щодо визначення рамок дій Співтовариства у сфері водної політики». Матеріали підготовлено за сприяння та фінансової підтримки Координатора проектів ОБСЄ в Україні, 2002. 31 с.

12. Сташук В. А. Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами / за заг. ред. д.т.н., проф. Коваленка П. І. Дніпропетровськ : ВАТ Вид-во «Зоря», 2006. 480 с.

13. Сташук В. А., Мокін В. Б., Гребінь В. В., Чунарьов О. В. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом : монографія / за ред. В. А. Сташука. Херсон : Грінь Д.С., 2014. 320 с.

14. Хвесик М., Смоленський Е. Соціально-економічні пріоритети екологобезпечного розвитку водного господарства України. *Водне господарство України*. К., 2000. № 3–4. С. 11–15.

15. Яцик А. В. Водогосподарська екологія : у 4 т., т. 3. К. : Генеза, 2004. Кн. 5. 496 с.

16. Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення / за ред. акад. УААН та РАСГН, д-ра техн. наук, проф. П. І. Коваленка. К. : Аграрна наука, 2001. 214 с.

17. Лазарчук Н. А., Рокочинский А. Н., Сташук В. А. Автоматизированное планирование водопользования на осушительно-увлажнительных системах. *Мелиорация и водное хозяйство*. 1991. № 11. С. 42–45.

18. Чарний Д. В., Хоружий П. Д. Облік, покращення якості і зниження втрат води в розподільчих системах сільськогосподарського водопостачання. *Проблеми ефективного використання водних ресурсів та меліорації земель* : зб. наук. праць. К., 1996. С. 76–77.

19. Гончаров С. М., Дупляк В. Д. Основи менеджменту та маркетингу. К. : НМКВО, 1992. 298 с.

20. Локтева-Маклашова Н. В. Правові аспекти впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер. Юридичні науки*. 2017. Вип. 1. Т. 1. С. 146–148.

21. Стратегія розвитку водної політики України на 2020–2050 рр. / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів. 2020. С. 26.

22. Рябець К. А. Сучасні політико-правові заходи щодо впровадження органами публічної влади інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом в Україні. *Наукові праці Інституту законодавства Верховної Ради України*. 2018. № 5. С. 144–149.

23. Меліорація та облаштування Українського Полісся : колективна монографія / за ред. д.с.-г.н., професора, акад. НААН Я. М. Гадзала, д.т.н., професора, член-кор. НААН В. А. Сташука, д.т.н., професора А. М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1. 932 с.

24. Водний менеджмент в Україні: проблеми та інновації розвитку : монографія / за ред. д.т.н., проф. Л. Ф. Кожушка, д.т.н., проф., член-кор. НААН В. А. Сташука, д.е.н., проф., академік НААН М. А. Хвесика, д.т.н., проф. А. М. Рокочинського. Рівне, 2018. 638 с.

25. Alesia Dedaa Ofori, Anna Mdee. Integrated Water Resource Management. *Clean Water and Sanitation : Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Springer, 2022. P. 344–357. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95846-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95846-0_4)

26. Integrated water resources management: An indicator framework for water management system assessment in the R'Dom Sub-basin, Morocco / Mohamed Ben-Daoud, Badr El Mahradi, Ismail Elhassnaoui, Aniss Moumen, Ahmed Sayad, Mohamed ELbouhadioui, Gabriela Adina Morosanu, Lhoussaine El Mezouary, Ali Essahlaoui, Samir Eljaafari. *Environmental Challenges*. April 2021. Vol. 3. 100062.

## **32. ПРОЄКТНИЙ ПІДХІД В УПРАВЛІННІ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ**

### **32.1. Передумови та складові реалізації проєктного підходу в управління водними ресурсами**

Інтенсифікація водоспоживання у зв'язку з швидким зростанням населення, активний розвиток галузей економіки, що вимагають значних водних ресурсів, високі втрати прісної води через скорочення водоносності річок, осушення боліт і вирубування лісів, а також забруднення прісних вод відходами промислових виробництв – все це призводить до зниження світових запасів прісної води. Вагомий вплив на водну кризу справляє нераціональне управління водними ресурсами, у тому числі концентрація на розробці та розвитку нових джерел води замість регенерації існуючих. Мінливість клімату та стану навколишнього середовища також спричиняють необхідність удосконалення механізмів управління водними ресурсами для протистояння інтенсивним поведям, посухам та іншим природним лихам у майбутньому. Ефективне управління водними ресурсами – один із напрямків розвитку зеленої економіки, без якої неможливе стійке існування та процвітання нинішнього та майбутніх поколінь.

Водні ресурси – це важливий економічний ресурс, що часто і повсюдно використовується у виробничих процесах. Галузь водного господарства в Україні сформована як державна структура, що в національному масштабі виконує такі важливі функції як соціальну (життєзабезпечення населення), екологічну (підтримання водних ресурсів як невід'ємної складової природи) і економічну (вода як продукт виробництва). Водне господарство тісно пов'язане майже з усіма галузями економіки і впливає на розвиток і розміщення продуктивних сил. Особливо велике його значення у створенні необхідних побутових умов життя населення.

Головною ланкою у водному господарстві є ресурси поверхневих та підземних вод. Для їх раціонального використання виникає необхідність управління водними ресурсами як єдиним механізмом. Управління водними ресурсами – це складний процес, що здійснюється шляхом організації відповідних заходів таким чином, щоб забезпечувалось оптимальне використання наявних ресурсів (водних, енергетичних, людських) для досягнення наміченої цілі – забезпечення всіх споживачів з розрахунковою надійністю водою з необхідними об'ємами і якістю.

Управління водними ресурсами України сьогодні здійснюють наступні організації:

- Державне агентство водних ресурсів України;
- Басейнові управління водних ресурсів;
- Регіональні офіси водних ресурсів;
- Міжрайонні управління водного господарства;
- Управління каналами;
- Державне агентство меліорації та рибного господарства України та його територіальні органи;
- Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України;
- Державна екологічна інспекція України та ін.

Проблема раціонального використання води та усунення її втрат становить у цей час одну з актуальних економічних задач, вирішення якої залежить від активності і направленості зусиль усіх галузей, що причетні до видобування, підготовки, подачі і витрачання води. Втрати води на сьогодні в системах водопостачання і водовідведення дуже великі, що призводить до марного витрачання значних державних коштів і не дає можливості покращити забезпечення населення водою.

Протягом останнього десятиліття спостерігається стійка тенденція до скорочення рівня продуктивності очисних споруд. Це пов'язано зі зношеністю обладнання, низькими технічними стандартами та високою енергозалежністю.

В різних галузях промисловості і сільського господарства у результаті природного зносу інженерних споруд і обладнання, а також через низьку якість деяких проєктів, недотримання правил експлуатації очисних споруд за останні роки збільшилась кількість аварій, що призвели до тяжких екологічних наслідків, отруєння стічними і дренажними водами багатьох річок України.

Основною проблемою щодо вирішення питань, пов'язаних з підтопленням земель є проблема нестачі коштів на розробку та впровадження заходів по запобіганню шкідливої дії ґрунтових вод та загальному підйому їх у регіональному масштабі.

Вирубання лісів, розорювання земель спричиняє замулення русел річок. Забудова заплав призводить до зростання навантаження на водозбори, внаслідок чого порушується природний режим річок, змінюються умови формування стоку, частішають паводки, зростають заподіювані ними збитки.

Техногенне навантаження на водні екосистеми досягло критичної межі внаслідок екстенсивного способу господарювання, що призвело до значного зменшення еколого-санітарних витрат та виснаження водноресурсного потенціалу.

Погіршення якості поверхневих вод, а особливо питної води відбулося внаслідок незадовільного екологічного стану водних джерел в

басейнах, застосування недосконалих застарілих технологій водопідготовки в існуючих системах водопостачання.

Негативно впливає на вирішення екологічних водних проблем відсутність дійового економічного механізму водокористування і реалізації природоохоронних заходів. Крім того, існуюча система управління охороною та використанням водних ресурсів є неповною через недосконалість нормативно-правової бази, відсутності автоматизованої системи моніторингу екологічного стану водних об'єктів, якості питної води та стічних вод у системах водопостачання і водовідведення, ефективного природоохоронного контролю за використанням водних ресурсів України.

Внаслідок військових дій відбулись значні втрати і пошкодження водогосподарської інфраструктури, станом на початок 2023 р. пошкоджено 653 об'єкти, знищено 7940 об'єктів, захоплено 4861 об'єктів.

Води в зоні бойових дій забруднені уламками військової техніки, різними боеприпасами, спостерігаються витoki паливно-мастильних матеріалів. Перевищення нафтопродуктів та ртуті до 8,5 рази спостерігається у тих пунктах спостережень, де до війни вони взагалі не фіксувалися.

За оцінкою Світового банку збитки в секторі управління водними ресурсами, включаючи пошкоджені гідротехнічні споруди, зрошувальні канали, адмінбудівлі тощо вже перевищують 150 млн дол.

Стратегічний розвиток різних галузей економіки країни має базуватися на водозбереженні, ефективному та екологічно безпечному водокористуванні та розширенні водокористування, застосування нетрадиційних джерел водопостачання і замкнутих систем багаторазового використання води та повторного використання очищених стічних і дренажно-колекторних вод, залучення додаткових водних ресурсів за рахунок міжбасейнового перекидання стоку, зниженні забруднення водних джерел, а також впровадження басейнової системи управління охороною та використанням вод.

Система водного господарства України має сформований виробничий потенціал, а також відсутні на даний час ресурси для нового будівництва. У зв'язку з цим подальший розвиток водогосподарської галузі буде базуватись на реконструкції, модернізації водогосподарських систем, заміні морально застарілих технологій та систем водопостачання, впровадження нових технологій очистки води та збереження ресурсів.

Пріоритетні напрями реалізації принципів стійкого водокористування:

- забезпечення населення і галузей економіки України якісною питною водою у необхідній кількості і відповідної якості;
- екологічно збалансований за водним фактором розвиток регіонів;

- відновлення та збереження стійкого екологічного стану у басейнах річок;
- відновлення і охорона водних об'єктів, відтворення водних ресурсів;
- обґрунтування нових водозаборів підземних вод та розширення обсягів їх використання для питного водопостачання;
- штучне поповнення запасів підземних вод;
- запобігання і ліквідація наслідків шкідливого впливу паводків, повеней, підтоплення, водної ерозії;
- охорона і раціональне використання водних ресурсів та відновлення малих річок;
- підвищення рівня управління режимами роботи водосховищ;
- здійснення контролю за безпекою водогосподарських споруд і систем;
- зменшення водомісткості виробництв, втрат води, підвищення якості питної води;
- підвищення надійності споруд інженерного захисту територій від шкідливої дії вод;
- створення економічного механізму водокористування на основі ринкових умов стимулювання раціонального використання водних ресурсів та достатнього фінансування водогосподарської та природоохоронної діяльності;
- удосконалення системи екологічного нормування і стандартизації у галузі використання водних ресурсів;
- формування раціональної за водним фактором регіональної структури економіки та водогосподарського комплексу;
- запровадження водозберігаючих та енергозберігаючих технологій у галузях економіки;
- планування і впровадження методів водокористування, водозбереження та відновлення водних ресурсів на основі принципів басейнового управління з пріоритетністю економічних важелів регулювання водних відносин.

Отже, кризові явища в економіці України, зниження ефективності діяльності підприємств, які застосовують стандартні підходи до управління, зумовлює пошук новітніх підходів до управління. Сучасні економічні умови і специфіка обраної в Україні моделі ринкових трансформацій вимагають використання більш сучасних підходів і концепцій ведення господарської діяльності, які б дозволяли органічно поєднати зміни на рівні мікроекономіки із змінами на макrorівні, підсилити вплив змін, що здійснюються на рівні суб'єктів господарювання, на ефективність їх діяльності та на конкурентоспроможність економіки в цілому. Одним з таких підходів і є проєктний підхід, який стає все більш популярним в світовій економічній науці та практиці.



У світовій економічній теорії і практиці проєктний підхід і проєктно-орієнтована поведінка визнаються ефективними складовими конкурентоспроможності сучасних організацій та цілих галузей. Проєктний підхід дозволяє сфокусувати увагу і сконцентрувати зусилля на виконанні обмеженого комплексу задач в суворо обмежених часових і бюджетних рамках. Такий підхід має значні переваги в порівнянні з іншими.

В сучасних реаліях роль проєктного менеджменту стрімко зростає, оскільки проєкти стають невід'ємною складовою діяльності організацій як проєктно-орієнтованих, що давно використовують системний підхід до управління проєктами, так і тих, яким раніше не притаманна була така діяльність, як-от сфера природокористування.

Методологія та принципи сучасного проєктного менеджменту викладені в РМВОК – а Guide to the Project Management Body of Knowledge [3]. Це найбільш розповсюджене зібрання знань з управління проєктами, що використовується у понад 200 країнах і взяте за основу при розробці міжнародного стандарту ISO 21500 й Американського національного стандарту ANSI/PMI 99-001-2008.

Питанням вивчення та впровадження методології управління проєктами в Україні присвячено наукові праці таких вітчизняних науковців як С.Д. Бушуєва, Н.С. Бушуєвої, І.В. Чумаченка, В. Верби, В. Рача, Р. Фещура, О.В. Єгорченков, Л.П. Батенко та багатьох інших [4–7; 10; 11; 13].

Розпочались дослідження вітчизняних науковців у сфері водного менеджменту, в тому числі впровадженні проєктного підходу в управлінні водними ресурсами [1; 2; 8; 14].

Проте, незважаючи на увагу науковців до даної тематики, теоретичні засади впровадження проєктного менеджменту в систему управління водними залишаються актуальними, недостатньо розробленими і потребують подальших досліджень та адаптації до особливостей галузі.

Проєктний підхід – це такий підхід в управлінні, основним принципом побудови якого є концепція не функцій або процесів, а проєкту – створення нового, як правило, одиничного продукту чи результату.

Самі по собі проєкти – невід'ємна частина життя будь-якої організації. У кожній компанії є своя стратегія розвитку і передбачені нею цілі, які і формуються в окремі проєкти. Важливо розуміти, чим саме подібні проєкти відрізняються від поточної діяльності в організації. По-перше, кожен проєкт має свої цілі та терміни їх досягнення. При здійсненні поточної діяльності цілі повторюються, а дедлайни залишаються незмінними. По-друге, проєкти, як правило, закінчуються після досягнення певної мети, а поточна діяльність не має кінця, і її мета - підтримувати безперебійну роботу організації.

Власне управління проєктами – це діяльність, яка спрямована на досягнення поставлених цілей, реалізацію конкретних планів з використанням наявних ресурсів: час, капітал, людей, шляхом застосування сучасних методів, техніки і технологій. В управлінні організацією проєктний підхід трактується як особлива форма управління, що дозволяє сконцентрувати увагу та ресурси на виконанні визначеного комплексу задач при певних обмеженнях, таких як час, ресурси, бюджет. Крім того, в цьому процесі створюється цілий комплекс підсистем та розробляється план раціонального розподілу ресурсів, які можуть бути використані для досягнення загальних цілей організації.

Предметом проєктного підходу є застосування методів, інструментів та критеріїв порівняння та обґрунтування альтернативних управлінських рішень щодо втілення в життя підприємницьких ідей за умов обмеженості наявних ресурсів.

Насамперед необхідно чітко розуміти, що таке «проєкт» і його особливості у сфері управління водними ресурсами. Сьогодні в літературі є безліч визначень цього терміну, зокрема проєктом називають:

- комплекс взаємопов'язаних заходів, які передбачають вкладення ресурсів в конкретні об'єкти з метою досягнення поставлених цілей в межах обмеженого бюджету і часу;

- обмежений часовими рамками процес, що має визначений початок та кінець, обмежений термінами, ресурсами, досягненням результатів, який здійснюється для реалізації унікальних цілей та завдань;

- комплексний, неповторюваний, одноразовий захід, обмежений за часом, бюджетом, ресурсами, а також чіткими вказівками з виконання, розробленими під потреби замовника.

Зустрічаються трактування проєкту як задуму (завдань, проблеми) та необхідних засобів його реалізації з метою досягнення бажаного економічного, технічного, технологічного чи організаційного результату.

Проєктом може бути окреме підприємство з конкретними цілями, які часто обмежуються конкретними вимогами до часу, вартості та якості результатів, що досягаються.

Проєкти також характеризуються як конкретні завдання з визначеними вихідними даними й встановленими результатами (цілями), що обумовлюють спосіб його вирішення.

Частково проєкт також можна розглядати як унікальний набір скоординованих робіт, з визначеними початковою й кінцевою датами, результат якого можна досягти за допомогою певних інструментів та методів.

Отже, основні характеристики проєктів, які відрізняють їх від звичайної операційної діяльності – це:

- тимчасова природа проєктів;

- наявність чітко встановленої мети і визначеного результату;
- визначена тривалість виконання, з точкою початку і завершення;
- особливі вимоги щодо ресурсів, витрат і якості виконання роботи;
- одноразовість, не повторюваність

З практичної точки зору *проект у сфері управління водними ресурсами* можна розглядати як неповторюваний, одноразовий захід або комплекс взаємопов'язаних заходів чи конкретних завдань, які обмежені за часом, бюджетом, ресурсами і призначені для реалізації унікальних цілей та завдань по найбільш раціональному використанню водних ресурсів, створення водоемної продукції, збереження водоресурсного потенціалу тощо.

Основними перевагами використання проектного підходу є:

- підвищення якості та ефективності праці за рахунок продуктивних методів управління проектами та результативності контролю персоналу;
- передбачуваність термінів і результатів робіт, оптимізація термінів вирішення завдань;
- можливість швидкого коректування цілей і завдань, і, відповідно, при необхідності тактики проекту;
- можливість швидкого підключення стейкхолдерів до проекту, підвищення ефективності взаємодії учасників проекту;
- результативність проектної діяльності є вагомим чинником залучення до масштабних інвестиційних проектів і програм;
- для компаній, що обрали вектором свого розвитку стратегію диверсифікації, надання зовнішніх послуг з управління проектами може стати окремим бізнесом;
- впровадження проектного та програмного підходів дає змогу суб'єктам господарювання швидко адаптуватися до зовнішніх ринкових змін, ефективно планувати діяльність та значно зменшити витрати на операційну діяльність як у впровадженні нових інноваційних процесів з реалізацією інвестиційно-інноваційних проектів так і в стабільних процесах безпосередньо під час здійснення виробничої діяльності;
- застосування в системі управління програмно-проектного підходу спрямоване на формування ефективної цілісно-орієнтованої моделі управління, яка здатна забезпечити ефективне функціонування та адаптування, інноваційний розвиток підприємств в умовах високого рівня економічної невизначеності та значних ринкових турбулентних змін;
- впровадження програмно-проектного підходу дає можливість привести управлінські процеси до міжнародних стандартів управління, знайти нові можливості для подальшого розвитку та досягти зростання конкурентоспроможності організації чи галузі в цілому сучасному технологічному рівню та ринковим потребам, забезпечить нові можливості для подальшого ефективного розвитку [12].

Для того, щоб проєкт був ефективно реалізований і цілі досягнуто, необхідно дотримуватись алгоритму планування і реалізації проєктних ідей, використовуючи на кожному етапі відповідні методи та інструменти.

В загальному управлінні проєктами сьогодні – це:

– конкретна діяльність, мета якої – реалізувати всі поставлені перед проєктом завдання з максимально можливою ефективністю при заданих обмеженнях за часом і ресурсам, а також якості кінцевих результатів проєкту;

– область знань з планування, організації та управління ресурсами з метою успішного досягнення цілей та завершення завдань проєкту.

Проєктний менеджмент у вузькому значенні – це набір інструментів для планування, організації та реалізації проєктної діяльності. Принципи проєктного менеджменту: систематизація, ефективність, націленість на результат. Реалізація таких принципів забезпечується специфічною методологією, процесами та інструментарієм.

Проте, застосування проєктного підходу в нашій державі стикається з рядом проблем, серед них можна виділити:

✓ відсутність належного теоретико-методологічного підґрунтя управління проєктами з урахуванням їх специфічних ознак в межах галузі та виду діяльності;

✓ недостатній рівень методичного забезпечення впровадження концепції проєктного менеджменту у процесі реалізації стратегічних змін;

✓ низький рівень організаційної та управлінської культури, відсутність досвіду сучасного управління розвитком організацій і, значною мірою, слабка стратегічна орієнтація менеджменту в переважній більшості сучасних господарських структур;

✓ відсутність професійних проєктних менеджерів та команди;

✓ невміння правильно формулювати цілі проєкту (часто обмежуються встановленням часових та бюджетних меж, а якісною та змістовною «наповнюваністю» нехтують);

✓ не приділення достатньої уваги управлінню ризиками (через відсутність практичних навичок);

✓ недостатня мотивація до впровадження інноваційних інструментів у діяльність організацій, опір нововведенням через відсутність формалізації та неефективність організаційних структур управління;

Отже, розробка та впровадження проєктних підходів на сьогоднішній день посідає вагомe місце у процесі управління організаціями і галузями та дозволяє вирішити багато економічних і управлінських проблем. Впровадження проєктного підходу в управлінні дозволить здійснювати пошук найефективніших шляхів реалізації стратегічних цілей діяльності, під час якої вирішуються поставлені задачі. Проєктна діяльність є обов'язковою складовою розвитку сучасних

організацій та галузей, яка реалізується в умовах невизначеності та ризику і потребує спеціальної методології управління, відмінної від методології загального менеджменту.

В теорії і практиці управління проектами немає універсальних процесів, інструментів та компонентів. Здебільшого це обумовлено тим, що проекти реалізуються в різних галузях, з різними цілями, в різному середовищі та в різних форматах. Проте, проєктний менеджер повинен знати і розуміти різні методи, інструменти, процедури для того, щоб вміло підібрати і використати під цілі конкретного проєкту.

У сучасних умовах господарювання інструменти проєктного менеджменту дають змогу адаптуватися підприємству до умов середовища, знизити рівень невизначеності та забезпечити стійкий розвиток.

Звичайно, кожен проєкт – унікальний і не може бути спланований і реалізований за єдиною методикою, процесами та інструментарієм. Проте в загальному вигляді кожен проєкт проходить логічні стадії, як-от (рис. 32.1):

- ініціація проєкту;
- планування та розробка проєкту;
- реалізація проєкту;
- моніторинг і контроль проєкту;
- завершення проєкту.

Також важливою категорією, яка пронизує всі стадії, є поняття функцій проєктного менеджменту (рис. 32.2).

Основними функціями управління проектами, визначеними Американським інститутом управління проектами з метою ефективного досягнення цілей, є управління обсягом, якістю, вартістю та часом. Інші функції управління конкретними цілями включають управління людськими ресурсами, управління комунікаціями, управління інформацією, управління контрактами, закупівлі за проєктом, управління ризиками та управління інтеграцією проєкту.

Поєднання цих функцій та інструментів для їх реалізації забезпечує виконання проєкту та досягнення бажаних результатів.

Планування кожного проєкту повинно починатись з детальної розробки його концепції, що передбачає формування ідеї та мети проєкту, постановку завдань, опису очікуваних результатів, формування основних характеристик та попередню, іноді дуже приблизну, оцінку доцільності його реалізації.



Рис. 32.1. Життєвий цикл проекту



Рис. 32.2. Система функцій проектного менеджменту

*Концепція проекту* (концептуальна нота) – це попередній план впровадження ідеї проекту, який розробляється з метою оцінки перспективності пропозиції (рис. 32.3). Метою оцінки є відбір з декількох альтернативних варіантів реалізації проектів найбільш перспективних.



Рис. 32.3. Елементи концепції проекту

Важливим елементом проектного підходу є ідентифікація зацікавлених сторін проекту та врахування їх інтересів при його плануванні та реалізації.

*Зацікавлені сторони проекту* (stakeholders) – це особи або організації (наприклад, замовники, спонсори, виконуюча організація або громада), які активно беруть участь в проекті, або інтереси яких можуть бути зачеплені як позитивно, так і негативно в ході виконання або в результаті завершення проекту (рис. 32.4).

<i>Ініціатор</i>	<i>Замовник</i>	<i>Інвестор</i>
<i>Керівник проекту</i>	<i>Команда проекту</i>	<i>Контрактор, субконтрактор</i>
<i>Виконавець робіт</i>	<i>Постачальник</i>	<i>Органи влади і місцевого врядування</i>
<i>Громада</i>	<i>Споживач результатів проекту</i>	<i>Інші учасники</i>

Рис. 32.4. Зацікавлені сторони проекту

Виявлення зацікавлених осіб проєкту та розуміння ступеня їх впливу на проєкт є надзвичайно важливим етапом. Ігнорування даного етапу може суттєво збільшити строки виконання проєкту та підвищити витрати. В тих випадках, коли зацікавлені сторони мають позитивні очікування по відношенню до проєкту, в їх інтересах буде сприяння успішній його реалізації. Неспроможність виявити негативно налаштованих сторін проєкту може призвести до збільшення ймовірності невдачі.

Сьогодні управління проєктами – це визнана в усьому світі методологія вирішення організаційно-технічних проблем, це філософія керівництва, спрямована на ефективне досягнення цілей шляхом застосування системи сучасних методів, технік і технологій менеджменту. За допомогою методів управління проєктами визначають його цілі, оцінюють життєздатність, розробляють структуру робіт, визначають необхідні обсяги і джерела фінансування, підбирають виконавців (в тому числі за допомогою торгів та конкурсів), визначають терміни реалізації, складають графіки виконання робіт, оцінюють необхідні ресурси, кошторис і бюджет проєкту, планують і враховують ризики, забезпечують контроль за реалізацією, оцінюють результати.

### **32.2. Особливості реалізації проєктного підходу в управлінні водними ресурсами**

Проєкти у сфері управління водними ресурсами мають певні особливості і відмінності від проєктів, здійснюваних в інших галузях, зокрема залежність одержуваного результату від погодно-кліматичних умов; використання специфічних видів ресурсів (природних); застосування специфічних водогосподарських, меліоративних та агротехнічних технологій.

Враховуючи такі особливості, основні складові системи управління водогосподарськими проєктами повинні включати:

1. Відпрацьований механізм інформаційного забезпечення водогосподарських проєктів: збір даних, аналіз, обробка і координація отримання інформації.

2. Формування концепції майбутнього проєкту відповідно до загальної стратегії організації та галузі в цілому, використання сучасних інструментів встановлення цілей і завдань за проєктом. При цьому серед сформульованих в рамках проєкту цілей мають бути цілі щодо оптимізації використання водних ресурсів та мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище.

3. Розробку стратегічних проєктних альтернатив використання водних ресурсів. Обґрунтування критеріїв аналізу досягнення цілей, в тому числі



екологічних. Розробка системи підконтрольних показників, що відповідають обраним критеріям, проведення розрахунків доцільності та ефективності вкладень.

4. Система ресурсного забезпечення проєктів, планування інвестиційної кампанії, бюджетування, відбору інвестиційних заявок, який повинен бути об'єктивним та адекватним.

5. Формування організаційних аспектів моніторингу і контролю за ходом реалізації водогосподарських проєктів.

6. Управління грошовими потоками проєктів у сфері управління водними ресурсами, що дозволяє здійснювати ефективне фінансове планування та прогнозування.

7. Управління ризиками – обов'язковий «атрибут» сучасної господарської діяльності, особливо у галузях природокористування, де фінансовий результат напряду залежить від мінливих та важко передбачуваних природних умов.

8. Ідентифікація всіх стейкхолдерів водогосподарських проєктів, складання реєстру зацікавлених сторін та всебічне врахування їх цілей, потреб та інтересів при розробці та реалізації проєктів у сфері водних ресурсів.

9. Систему управління якістю водогосподарських проєктів, що передбачає дотримання всіх екологічних та технічних нормативів.

10. Відпрацьований механізм управління термінами проєктів з використанням сучасних інструментів: діаграми Ганта, методу критичного шляху тощо.

11. Чітка структуризація проєктів. Декомпозиція проєкту – це поділ проєкту на окремі компоненти, елементи та модулі, тобто визначення окремих рівнів ієрархічної структури. Це означає розробку структури розбиття робіт (WBS), організаційної структури (OBS) та структури розбиття витрат (CBS).

12. Найбільш важливими сферами використання структурних моделей водогосподарського проєкту є: пошук, визначення та аналіз цілей проєкту; побудова та вибір альтернативних рішень щодо реалізації проєкту; попереднє планування проєкту за укрупненими моделями; визначення ресурсів, термінів, вартості робіт; проєктний аналіз (визначення життєздатності проєкту); фінансовий план проєкту; організація проєкту; проєктні роботи і система документації проєкту; детальне планування робіт (календарні плани робіт, графіки постачання, бюджетування); підписання й управління контрактами; оперативне планування робіт; моніторинг проєкту; регулювання ходу робіт; управління забезпеченням проєкту; складання виконавчих (фактичних) моделей і графіків, аналіз результатів та накопичення досвіду.

Як було відзначено вище, реалізація проєктів у сфері управління водними ресурсами повинно відбуватись за принципами сучасного проєктного менеджменту з використанням відповідних специфічних інструментів. Інструменти управління проєктами у даній сфері можуть відрізнятися за розмірами і масштабом. В результаті опрацювати наукових публікацій і публікацій практиків сфери проєктного менеджменту можна виділити найбільш поширені інструменти управління проєктами, які необхідно застосовувати на різних етапах розробки та реалізації проєктів у сфері управління водними ресурсами та адаптовувати під особливості і потреби галузі:

1) *Інструменти формування цілей та оцінювання результатів проєкту.* Щоб проєкт був успішним, необхідно правильно поставити цілі і спланувати очікувані результати виконання. Саме цілі лежать в основі планування проєкту, моніторингу його реалізації та оцінюванні результатів. Традиційно в сучасному проєктному менеджменті використовують різні методи побудови «дерева цілей»: метод «проблема – ціль», метод «піраміда цілей», метод «цілі – результати», метод «цілі – результати – заходи». Для отримання результатів за проєктом необхідно здійснити ряд дій і виконати певні роботи. Логіка впровадження проєкту показує логічний зв'язок між цілями проєкту та запланованими діями. Вона застосовується з метою зрозуміти, чи забезпечить запланована діяльність досягнення цілей проєкту.

На основі чітко прописаних цілей повинні бути сформульовані так звані ключові показники ефективності (КПІ), які є кількісною мірою вимірювання, яка використовується для оцінки прогресу в досягненні встановлених цілей. Кожен проєкт має свій набір КПІ залежно від довгострокових цілей, сфери діяльності, типу управління та багатьох інших факторів.

Правильно встановлені ключові показники ефективності є основною для моніторингу процесу досягнення цілей під час реалізації проєкту. Такий моніторинг дає можливість відстежувати правильність виконання запланованих дій, а також визначати, на яких ключових результатах слід зосередитись, щоб уникнути можливих проблем. Вимір ключових показників ефективності – це відмінний спосіб виявити довгострокові закономірності та створити базу даних необхідної інформації для планування майбутніх проєктів.

2) *Інструменти планування.* На етапі планування проєкту визначаються параметри, необхідні для реалізації проєкту, тобто тривалість робіт, трудові, матеріальні та фінансові потреби, терміни закупівлі всіх видів ресурсів, терміни та кількість проєктних, будівельних та інших робіт. Ефективні системи управління проєктами неможливі без використання специфічних інструментів планування, таких як управління

змістом проєкту, створення ієрархічної структури робіт (WBS), кодування проєкту, матриці відповідальності, сіткові моделі, системи створення документів та ін.

3) *Інструменти планування і розподілу ресурсів, бюджетування.* Планування ресурсів включає визначення необхідних ресурсів та їх кількості для успішного завершення проєкту: оцінка «порядку величини» (order of magnitude estimate), кошторисної вартості (budget estimates), базова ціна проєкту (project cost baseline), остаточна вартісна оцінка (definitive estimate). Ці інструменти управління проєктами спрямовані на допомогу організаціям формувати бюджети і кошториси, відстежувати рахунки та фактичні витрати, пов'язані з досягненням конкретних результатів: календар витрат і надходжень, умови і джерела платежів, критичні моменти реалізації проєкту і засоби зниження пов'язаних із цим ризиків, інструменти бюджетного контролю.

5) *Інструменти управління якістю:* концепція статистичного управління якістю (TQC), цикл PDCA, концепція постійного покращення якості (AQI), система KAIZEN, система КАІКУО, метод структурування функції якості QFD, Quality House, бенчаркінг, Total Productive Maintenance, реінжиніринг бізнес-процесів, функціональне моделювання бізнес-процесів, контрольні карти та ін.

8 ) *Інструменти управління ризиками* включають ідентифікацію, оцінювання та управління ризиками, зокрема: якісний аналіз, статистичні інструменти оцінювання рівня ризику проєкту, методи моделювання, дерева рішень, аналогій, диверсифікація ризиків тощо.

9) *Інструменти управління термінами проєкту.* Для оцінки та керування термінами реалізації проєктів застосовуються такі методи і засоби: нормативні розрахункові методи, експертні оцінки, оцінки за аналогами, моделювання, календарне планування, розробка розкладу проєкту (Schedule Development), метод «критичного шляху» (CPM), PERT, GERT (graphical evaluation and review technique) та ін.

Нами було проаналізовано основні елементи і функції управління водними ресурсами та систематизовано можливі напрямки в їх межах, де необхідно використання проєктного підходу (табл. 32.1).

Стратегічна мета екологічно безпечного водокористування в перспективі є дотримання пріоритету природоохоронних функцій над господарськими, раціональне використання всіх видів водних ресурсів, масштабне впровадження водозберігаючих технологій у всіх галузях економіки, а отже – стійке водокористування при сталому розвитку економіки. В основні реалізації такої стратегії – впровадження принципів Інтегрованого управління водними ресурсами.

Напрямки реалізації проєктного підходу в системі управління водними ресурсами

Елемент управління водними ресурсами	Сфера реалізації проєктного підходу
Інтегроване управління водними ресурсами	<p>Проєкти управління річковими басейнами</p> <p>Реорганізація системи управління водними ресурсами та створення відповідних органів і структур управління водними ресурсами.</p> <p>Впровадження економічних механізмів регулювання водокористування.</p> <p>Розробка і реалізація цільових програм реконструкції і розвитку.</p> <p>Фандрейзинг водогосподарських проєктів.</p> <p>Впровадження інформаційних систем і програмних продуктів для автоматизації та цифровізації діяльності з управління водними ресурсами</p>
Еколого-водогосподарський моніторинг, екологічне оздоровлення вод, водопідготовка	<p>Проєкти та програми діагностичного та операційного моніторингу для всіх річкових басейнів України.</p> <p>Акредитація лабораторій моніторингу вод.</p> <p>Зміцнення технічних баз лабораторій моніторингу вод.</p> <p>Відновлення і підтримання сприятливого гідрологічного режиму та екологічного стану водних об'єктів.</p> <p>Реалізація водозберігаючих і водоохоронних заходів, які направлені на захист водойм від забруднення та виснаження, на впровадження маловідходних технологічних процесів, а також на розробку нових методів і споруд по очищенню промислових та міських стічних вод.</p> <p>Відновлення та збереження стійкого екологічного стану у басейнах річок.</p> <p>Проєкти охорони і раціонального використання водних ресурсів та відновлення малих річок.</p> <p>Інвестиції в модернізацію очисних споруд, підвищення потужності очисних споруд (за ступенем очистки), обґрунтування і будівництво повносистемних станцій очистки стічних вод.</p> <p>Проведення комплексу заходів, направлених на підвищення рівня екологічної свідомості і освіти населення.</p> <p>Здійснення заходів щодо екологічного оздоровлення поверхневих вод та догляду за ними.</p> <p>Реалізація державних, міждержавних і регіональних програм використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів</p>

<p>Водозабезпечення</p>	<p>Забезпечення централізованим водопостачанням сільських населених пунктів.          Розширення обсягів використання підземних вод для питних потреб населення.          Розвиток існуючих та створення нових систем водопостачання в містах і селищах.          Реконструкція аварійних мереж водопостачання із заміною спрацьованого обладнання.          Оснащення житлового фонду засобами обліку та споживання води</p>
<p>Спеціальне водокористування</p>	<p>Впровадження цифрових технологій ведення державного обліку водокористування.          Підвищення технологічного рівня водокористування, впровадження маловодних і безводних технологій (повторне використання стічних вод, удосконалення замкнених безстічних систем виробничого водопостачання) при забезпеченні обліку використання води і розробці та впровадженні більш раціональних нормативів і режимів водокористування.          Створення систем замкнутого промислового водопостачання з повною утилізацією теплих вод, міських стічних вод та зливного стоку.          Здійснення заходів по досягненню ефективної роботи очисних споруд.          Проекти локальних систем очищення комунальних і промислових стоків, які є небезпечним джерелом забруднення водних об'єктів.          Реконструкція, ремонт і модернізація устаткування водопровідних, каналізаційних мереж і споруд; більш досконалих сучасних технологій водопідготовки та очищення стічних вод.          Модернізація та реконструкція діючих ГЕС, удосконалення систем водозабезпечення ТЕЦ, впровадження нових енергозберігаючих технологій, введення в дію нових потужностей та відновлення і розвитку малої гідроенергетики.          Зниження водоемності виробництва та обсягів забруднення стічних вод.          Реконструкція аварійних водопровідно-каналізаційних мереж</p>

<p>Захист від шкідливої дії вод, протиаводковий захист територій</p>	<p>Проекти відновлення берегоукріплення, захисних дамб, розчищення русел річок.                  Виконання заходів, пов'язаних з попередженням шкідливої дії вод і ліквідацією її наслідків, включаючи протиаводковий захист населених пунктів та земель.                  Здійснення заходів з відведення поверхневих вод у зонах підтоплення і проведення меліоративних робіт.                  Створення водоохоронних зон і прибережних водоохоронних смуг.                  Розчистка русел річок та струмків.                  Улаштування водовідведення дощових та талих вод із понижених або замкнених ділянок земної поверхні.                  Будівництво дренажу у місцях періодичного підвищення рівнів ґрунтових вод.                  Будівництво сухих регулюючих ємкостей, для перерозподілу річкового стоку у часі.                  Проведення лісомеліоративних робіт, будівництво гідротехнічних споруд, з метою закріплення ярів, балок та зменшення ерозії ґрунтів</p>
<p>Впровадження системи енергетичного менеджменту</p>	<p>Проекти підвищення рівня енергоефективності, скорочення використання та заощадження енергетичних ресурсів.                  Застосування екологічно безпечних водозберігаючих режимів зрошення, енергозберігаючих технологій</p>
<p>Міжнародні проекти</p>	<p>Проекти транскордонного співробітництва і комплексного управління водними ресурсами                  Проекти створення транскордонної мережі моніторингу якості води.                  Спільні заходи з попередження природних катастроф у транскордонному басейні</p>
<p>Рибне господарство та аквакультура</p>	<p>Заходи охоронної діяльності та відтворення водних біоресурсів.                  Проекти перетворення рибних ставків у ефективні бар'єрні екологічні споруди шляхом докорінного поліпшення технічного стану ставкового фонду</p>

Меліорація земель та експлуатація водогосподарського комплексу	<p>Будівництво на зрошуваних масивах дренажних систем.</p> <p>Здійснення заходів щодо запобігання пересушенню, мінералізації, ерозії осушених земель та осолонцюванню, оглеюванню зрошувальних земель.</p> <p>Реконструкція і вдосконалення існуючих меліоративних систем.</p> <p>Створення водооборотних систем в зрошувальному землеробстві з використанням скидних вод і опрісненням колекторно-дренажних вод.</p> <p>Удосконалення способів поливу і поливної техніки шляхом впровадження краплинного і внутрішньогрунтового зрошення.</p> <p>Комплекс агротехнічних заходів та інженерних технологій по зниженню надходження забруднюючих речовин, водомісткості зрошувального землеробства.</p> <p>Проекти водовідведення надлишкових вод з осушених земель.</p> <p>Будівництво та реконструкція водосховищ, каналів, водоводів, резервуарів, розвідної мережі і ін.</p> <p>Зменшення фільтраційних втрат води на зрошувальних системах, впровадження обліку поливної води</p>
--	--

Використання європейськими країнами басейнового підходу в дослідженнях та в управлінні водними ресурсами систематично використовувалося і раніше, але річкові басейни стали центральною концепцією в управлінні водними ресурсами лише при вступі в дію Водної Рамкової Директиви. Територія річкового басейну може бути басейном однієї великої річки або, в іншому випадку, включати кілька басейнів малих річок. З іншого боку, територія річкового басейну може повністю розміщуватися в межах однієї країни, або в межах двох і більше країн. В багатьох випадках територія річкового басейну ділиться між кількома країнами (між країнами-членами ЄС, або між країнами, що є членами ЄС та країнами, що до нього не входять). Більшість великих європейських річкових басейнів знаходиться в межах кількох країн. Відповідно, для аналізу річкового басейну та управління ним потрібно транскордонне співробітництво.

Басейновий принцип управління визнано одним із ефективних методологічних засобів вирішення глобальних екологічних проблем водокористування, охорони вод і відтворення водних ресурсів.

Стратегічна мета управління водними ресурсами за басейновим принципом полягає у забезпеченні басейнової збалансованості розвитку водного господарства, охорони вод і відтворення водних ресурсів на основі узгодженості правових засад і управлінських дій суб'єктів водокористування за басейновим принципом, спрямованих на стале водозабезпечення населення і галузей економіки, впровадження перспективних технологічних нормативів використання водних ресурсів, запобігання шкідливій дії вод. За допомогою інтегрованого підходу координується управління водними ресурсами в різних секторах економіки або зацікавленими групами в різних масштабах – від місцевого до міждержавного рівня.

Управління суб'єктами водокористування за басейновим принципом спрямоване на стале водозабезпечення галузей економіки і населення шляхом впровадження перспективних технологічних нормативів водокористування, запобігання шкідливої дії вод. Для більш повної реалізації басейнового принципу необхідно створити управлінські структури, що будуть здійснювати в межах водозбірних басейнів функції планування, координації і контролю з розмежуванням повноважень у питаннях використання водних ресурсів між органами державної влади і місцевого самоврядування. Ці принципи управління необхідно розробити і затвердити на законодавчому рівні, а також створити комплексну басейнову геоінформаційну систему з банком кадастрової інформації про водний фонд, водні ресурси та засоби їх регулювання, структуру земельних угідь і меліорованих земель.

Реорганізація системи управління водними ресурсами за басейновим принципом містить всі ознаки проєктної діяльності: мету, часові межі, наявні ресурси, а отже, повинно здійснюватись з урахуванням сучасних проєктних підходів та інструментарію.

В межах інтегрованого управління водними ресурсами України передбачається [Правові аспекти]:

- створення басейнових органів управління водними ресурсами;
- створення структур, відповідальних за відтворення водних ресурсів;
- розробка нормативно-правових актів, що забезпечують розвиток;
- впровадження економічних механізмів регулювання;
- розробка цільових програм реконструкції і розвитку;
- програма фінансування галузі;
- організація екологічного моніторингу, у тому числі громадського;
- доступ до інформації, участь громадськості в обговоренні проблем та прийнятті спільних рішень.

Постає задача побудувати оновлену систему управління водним господарством України відповідно до сучасних поглядів і принципів, з урахуванням останніх досягнень науки і техніки, і з її допомогою вивести



водне господарство з глибокої кризи, поставити на службу соціально-економічній відбудові нової демократичної країни, що стала на шлях незалежності.

Реформована система управління водними ресурсами дозволить:

1. *Забезпечити поліпшення соціальних умов життя населення, галузей економіки і водопостачання держави в цілому.* Основними цілями є:

- підвищення ресурсної спроможності, технологічної і санітарної надійності систем водопостачання;

- забезпечення гарантованого, екологічно безпечного водопостачання міського і сільського населення;

- оптимізація та стабілізація забору води і обсягів її використання в процесі структурної перебудови економіки і очікуваного зростання виробництва;

- зменшення непродуктивних безповоротних втрат води в процесі її транспортування і використання;

- зменшення водоемності продукції;

- забезпечення ресурсного та екологічного благополуччя водних джерел, досягнення балансу між рівнями шкідливого впливу забруднень на водні ресурси і їхньою спроможністю на відновлення.

До пріоритетних завдань належать:

- будівництво та реконструкція водосховищ, каналів, водоводів, резервуарів, розвідної мережі тощо;

- залучення у господарський обіг морських і шахтних вод, повторне використання стічних і колекторно-дренажних вод;

- штучне поповнення запасів підземних вод;

- розширення обсягів використання підземних вод для питних потреб населення;

- розвиток існуючих та створення нових систем водопостачання в містах і селищах;

- реконструкція аварійних мереж водопостачання із заміною спрацьованого обладнання;

- оснащення житлового фонду засобами обліку та споживання води;

- забезпечення якісним водопостачанням сільських населених пунктів;

- реконструкція і переоснащення промислових підприємств сучасним виробничим устаткуванням, упровадження і освоєння маловідходних, водоощадливих технологій (у тому числі безводних, маловодних і безстічних);

- скорочення використання прісної води промисловістю за рахунок залучення у господарський обіг морських, високомінералізованих підземних і шахтних вод, повторного використання стічних і колекторно-дренажних вод;

- відновлення роботи вивільнених потужностей оборотних систем;

- створення замкнених систем водокористування (перспективний напрям);
- усунення причин фільтраційних й інших непродуктивних втрат води при її транспортуванні в комунальному і сільському господарстві;
- зменшення використання питної води на виробничі потреби у промисловості;
- удосконалення нормативно-правової та еколого-економічної бази водокористування;
- удосконалення системи обліку, моніторингу та контролю забруднення водних джерел, розроблення та введення в дію системи ідентифікації та інструментального контролю за стаціонарними джерелами забруднення вод із створенням відповідної інформаційної бази даних;
- захист водних об'єктів від забруднення поверхневим стоком із урбанізованих територій та сільськогосподарських угідь.

2. *Удосконалити організаційні структури і функціональні схеми впровадження управління водними ресурсами за басейновим принципом.* Басейновий принцип управління визнано у світі одним із ефективних методологічних засобів вирішення глобальних екологічних проблем водокористування, охорони вод і відтворення водних ресурсів [Басейновий принцип управління]. Потреба врахування інтересів водокористування у басейнах річок, загострення проблеми забруднення води в міжнародних ріках і деградація їх екосистем визначають необхідність створення або зміцнення міжнародно-правової та інституціональної бази, здатної забезпечити протидію водно-екологічній загрози. Зараз організаційно оформлене співробітництво існує в багатьох великих міжнародних басейнах річок. Воно здійснюється у межах спільних органів (комісії, комітети), що діють в усьому басейні, чи угод, підписаних двома або більше країнами. Тільки в Європі і Північній Америці діє близько 150 дво- і багатосторонніх угод про охорону і використання транскордонних водотоків. У Європі досвід співробітництва шляхом укладання угод і створення міжнародних органів накопичено у басейнах річок Дунай, Рейн, Ельба, Одер, Маас, Мозель, Саар, на інших континентах – Меконг, Ганг, Ніл, Св. Лаврентія та інших річок.

Басейнові Ради створюються з метою встановлення ефективного механізму координації зусиль прикордонних держав з екологічного оздоровлення басейнів річок, розробки і підписання міжурядових угод і нормативних актів, ефективного обміну інформацією і забезпечення широкої участі всіх зацікавлених сторін. Створення Басейнових Рад повинно ґрунтуватися на існуючій, досить розвинутій законодавчій базі і практиці співробітництва між країнами басейнів річок у галузі охорони довкілля, спільного використання та охорони транскордонних водостоків. Прикордонні з Україною держави накопичили значний позитивний досвід упровадження та удосконалення басейнового принципу управління

водними ресурсами і їхньою охороною. Здійснення цих завдань тісно пов'язане з вирішенням проблеми комплексної оцінки водокористування, які є необхідною умовою формування природного базису суспільства та водокористування. Для вирішення проблеми інтегрованого управління водними ресурсами в Україні створені міжвідомчі і басейнові ради, проводиться робота в рамках міжнародних екологічних проєктів.

Основним завданням сьогодні є розробка структури та функціональної схеми основної ланки басейнового управління, розподіл повноважень та завдань управлінських структур згідно з вертикаллю: Національна водна рада – басейнова рада (комісія) – басейнове водне управління – обласні управління водного господарства.

Від імені держави право постійного користування природними водами в басейнах річок, включаючи землі водного фонду і гідротехнічні споруди, надається державним басейновим управлінням водних ресурсів (БУВР), які створюються в системі Держводагентства України і є виконавчими органами Басейнових водних рад.

Безпосередня організація та здійснення заходів щодо захисту від шкідливої дії вод, ще однієї з функцій Басейнових водних рад покладається на обласні управління водного господарства які також створюються в системі Держводагентства України і є виконавчими органами Басейнових водних рад.

Басейнові ради здійснюють свою діяльність у взаємодії з відповідними Басейновими управліннями водних ресурсів, Регіональними офісами водних ресурсів, Міністерством екології та природних ресурсів України, Держводагентством, місцевими органами виконавчої влади, територіальними органами центральних органів виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, що здійснюють свої повноваження у межах суббасейнів, іншими зацікавленими організаціями, установами, підприємствами, громадськими об'єднаннями.

До складу басейнових рад входять представники зацікавлених сторін: центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, Басейнових управлінь водних ресурсів, Регіональних офісів водних ресурсів, водокористувачів, підприємств, установ, організацій, громадських об'єднань, що здійснюють свою діяльність у межах відповідного суббасейну або діяльність яких пов'язана з відповідним річковим басейном.

Басейнова рада – це консультативно-дорадчий орган у межах території річкового басейну, утворений при центральному органі виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері розвитку водного господарства, з метою забезпечення раціонального використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів, інтегрованого управління ними. Басейнова рада утворюється центральним органом виконавчої

влади, що реалізує державну політику у сфері розвитку водного господарства, для вироблення пропозицій та забезпечення узгодження інтересів підприємств, установ та організацій у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів у межах басейну.

Басейнова рада відповідно до покладених на неї завдань у відповідності до Типового положення про басейнові ради:

- розглядають та схвалюють проєкти планів управління;
- беруть участь у заходах з реалізації планів управління;
- сприяють впровадженню ефективних економічних механізмів забезпечення реалізації планів управління;
- готують пропозиції щодо залучення коштів бюджетів різних рівнів та інвестицій для виконання заходів планів управління;
- розглядають та схвалюють річні звіти про виконання планів управління;
- сприяють здійсненню узгоджених дій для покращення екологічного стану суббасейну;
- організують взаємодію з питань, пов'язаних зі збором, регулярним обміном і поширенням екологічної, в тому числі водогосподарської, інформації у межах суббасейну;
- розглядають питання щодо екологічного, кількісного та якісного стану водних ресурсів суббасейну, аналізу й оцінки ризиків недосягнення покращення екологічного стану водних ресурсів суббасейну та наслідків його змін для природних екосистем і галузей господарства, а також прогнозу процесів, що впливають на якість водних ресурсів й обсяги водокористування;
- надають пропозиції щодо екологічних цілей планів управління та можливих відхилень від строків їх досягнення;
- розглядають питання водогосподарського балансу та соціально-економічного розвитку на території суббасейну;
- надають пропозиції щодо вжиття найважливіших (пріоритетних) заходів з екологічного оздоровлення суббасейну та механізмів їх фінансування;
- сприяють розвитку міжнародної співпраці у суббасейні

Виходячи з положень, законодавчих актів, якими створено передумови реформування організаційної структури водогосподарських організацій відповідно до басейнового принципу управління, як сучасного підходу до управління водними ресурсами, відповідними наказами Держводагентства в районі річки Дніпро створено Басейнове управління водних ресурсів річки Прип'ять в межах Житомирської, Волинської та Рівненської областей у відповідній взаємодії з 4 іншими областями, які охоплює басейн річки Прип'ять, а саме: Київською, Львівською, Тернопільською та Хмельницькою.

Основними завданнями басейнового управління є забезпечення державного управління водними ресурсами, з метою досягнення «доброго» екологічного стану масивів поверхневих та підземних вод, які визначені затвердженим Положенням про басейнове управління водних ресурсів.

Основні завдання БУВР:

1) забезпечення реалізації державної політики у сфері управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів у межах суббасейнів відповідних річок;

2) спрямування та координація діяльності організацій, що належать до сфери управління Держводагентства, з питань управління, використання та відтворення поверхневих водних ресурсів у межах суббасейнів відповідних річок.

3. *Створити та забезпечити функціонування фінансового механізму, який би гарантував безпосередній зв'язок між платою за водокористування і фінансуванням пріоритетних водоохоронних заходів у межах басейну.* При цьому, як свідчить зарубіжний досвід, найкращі результати управління водами досягаються там, де існує проста, справедлива і зрозуміла для всіх, і в першу чергу для водокористувачів, система встановлення, збирання та подальшого використання плати за забір і неповоротне споживання води та за скидання нормованих речовин із зворотною водою.

Невід'ємною складовою розробленої концепції має стати бюджетне фінансування, як основа забезпечення національної безпеки у водному секторі економіки. Тобто закріпити положення, що кошти, які надходять до бюджету у вигляді платежів за використання водних ресурсів, є головним джерелом фінансування програмних водогосподарських і водоохоронних заходів. У зв'язку з цим водне, податкове і бюджетне законодавство повинні забезпечити цільову спрямованість даних платежів на формування цільових бюджетних фондів. У законодавчому полі необхідно вирішити питання щодо амортизаційної політики у водному господарстві, тому що оновлення основних фондів водного господарства можливе лише за умови нарахування цих коштів та створення амортизаційних фондів.

Слід задіяти усі випробувані ринкові механізми із залучення приватних інвестицій на фінансування водогосподарських і водоохоронних заходів. Йдеться про розширення державно-приватного партнерства, ринкові підходи до встановлення ціни на воду і водні послуги, плату за забруднення, створення ринків води і продаж ліцензій, впровадження субсидій та стимулів для водокористувачів. Проблема недостатнього фінансування проєктів управління водними ресурсами, є вельми гострою як на національному, так і на міжнародному рівні, зокрема у зв'язку із будівництвом, відновленням, експлуатацією і

технічним обслуговуванням інфраструктури водопостачання і каналізації. Істотним в цьому відношенні є підвищення ефективності використання наявних коштів і пошук механізмів для залучення додаткового фінансування, зокрема використання коштів, що виділяються державою і міжнародними організаціями, для залучення ресурсів з інших джерел, включаючи плату користувачів води та кошти приватного сектора. Вирішення проблеми залучення коштів у природоохоронну сферу слід забезпечувати не «стандартним» шляхом вдосконалення фіскального регулювання та фінансово-кредитного забезпечення сталого водокористування, а впровадженням нових ефективних організаційно-правових форм міжнародної співпраці. Зокрема, організації підприємницької діяльності у сфері водного господарства на засадах відомих організаційно-правових форм.

4. *Зменшити збитки від негативних наслідків шкідливого впливу вод.* В основу захисту від шкідливої дії вод та ліквідації наслідків підтоплення територій покладено принцип захисту населення, населених пунктів, сільськогосподарських угідь, ліквідації наслідків можливих аварій та надзвичайних ситуацій, пов'язаних з підтопленням територій, відновлення нормальних умов проживання постраждалого внаслідок надзвичайних ситуацій населення.

У системі інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом виділяються наступні заходи, що підтримують адаптацію законодавств країн ЄС до управління паводками, а саме:

- управління водними ресурсами з метою зниження поверхневого стоку (використання водопроникних дорожніх покриттів, лісопосадок);
- управління поверхневим стоком (використання водонакопичувальних басейнів, болотистих територій, водосховищ);
- збільшення транспортуючої здатності річок (пристроїв обвідних каналів, поглиблення або розширення ложа річок);
- розподіл річок і населення (управління землекористуванням, будівництво дамб, протипаводкових захисних споруд, будинків на палях);
- запобіжні заходи у період проходження паводків (протипаводковий моніторинг, прогнозування паводків, завчасне оповіщення населення про розвиток паводкової ситуації, вжиття термінових заходів щодо зміцнення дамб, евакуація);
- відшкодування завданих збитків у результаті проходження паводків (консультування, компенсування або страхування).

Враховуючи європейський досвід, сьогодні в Україні здійснюється поступовий перехід від пасивного протипаводкового захисту до активної фази, в основі якої реалізується будівництво протипаводкових ємностей, польдерів та водосховищ. Це дасть можливість знизити рівні високих

паводків до рівня паводків 10% забезпеченості, та пропускати їх у межах русел річок без нерегульованого затоплення територій.

У сфері протипаводкового захисту приділяється особлива увага розвитку системи прогнозування, моніторингу та раннього попередження про паводки. Її головним завданням є збільшення часового інтервалу між повідомленням про загрозу формування паводка та його початком, що дасть можливість заздалегідь прийняти управлінські рішення, евакуувати людей та майно з мінімальними втратами.

5. *Запровадити сучасні комп'ютерні системи підтримки інтегрованого управління водними ресурсами.* Інтегровані підходи реалізуються в структурно-функціональній схемі при розробці Планів управління річковим басейном, при реалізації завдань моніторингу, формалізації окремих задач забезпечення екологічних та економічних цілей, для умов цілісного управління річковим басейном на основі інформаційних технологій. Сьогодні зростає потреба у використанні мережових і хмарних технологій, програмних продуктів і сервісів, застосунків типу Smart Water, оскільки майбутнє водного господарства стає дедалі більше цифровим.

Для реалізації планів управління розробляються інформаційні та інформаційно аналітичні системи підтримки прийняття рішень, оцінки й аналізу водно-ресурсного потенціалу. Розробка інформаційних технологій пов'язана з розробкою і використанням сучасних методів управління, математичних моделей та програмних рішень.

Важливими складовими системного управління є моніторинг, який забезпечує інформаційну основу аналізу для прийняття рішень. Автоматизований моніторинг доквілля ґрунтується на створенні й застосуванні комп'ютерних технологій оперативного збирання, оброблення та передачі даних від великої кількості віддалених і розподілених на значній території об'єктів. Використання дашбордів моніторингу якості води дає змогу досліджувати стан забруднення поверхневих вод області в розрізі окремих моніторингових пунктів.

Перспективний напрямок – розробка геоінформаційних систем, головне завдання яких полягає в управлінні річковим басейном, можливості збирати дані, створювати бази даних, вводити їх в комп'ютерні системи, зберігати, обробляти і перетворювати, а потім видавати за запитом користувача. До функцій таких інфопродуктів відносять: створення та підтримка в актуальному стані реєстру водних та водогосподарських об'єктів із відповідною довідковою інформацією (технічними характеристиками, документацією тощо); здійснення оперативного моніторингу якості поверхневих вод; створення електронних карт водогосподарських об'єктів; здійснення оперативного управління в надзвичайних ситуаціях (паводки, повені), моделювання та

прогнозування зон затоплення; збір даних про порушення у користуванні водними ресурсами і прилеглими до них територіями тощо.

Ще один напрям цифровізації управління водними ресурсами – інноваційні проекти із забезпечення питною водою за допомогою інтелектуальних систем автоматизації, які забезпечують надійне водопостачання – від водопідготовки та розподілу води до оптимізації процесів на основі хмарних технологій, а також автоматизовані системи оцінки водоресурсних та екологічних ситуацій, прогнозування шкідливого впливу на водні об'єкти.

6. *Сприяти розвиткові та реалізації міжнародних проектів.* За фінансової підтримки Європейського Співтовариства розробляються та удосконалюються проекти з питань управління водними ресурсами і захисту від паводків у басейні Дніпра, Тиси, Західного Бугу та Сіверського Дінця. У цьому напрямі Держводагентство України активно співпрацює з Шведським агентством міжнародного розвитку, у межах програми TACIS, НАТО, Датським агентством співробітництва з державами Східної Європи (DANCEE), Швейцарською Конфедерацією, Угорщиною, США, Польщею та іншими країнами.

Угоди охоплюють широкий спектр питань: управління водними ресурсами та їх використання, захист від шкідливої дії вод, моніторинг якості вод, обмін інформацією, вишукувальні та проєктні роботи, водогосподарські та водоохоронні заходи тощо.

Огляд діяльності органів управління водними ресурсами свідчить про те, що їх діяльність все більше пов'язана з напрямками, які належать до сфери застосування проєктного підходу.

Наприклад, за даними звітності Басейнового управління водних ресурсів (БУВР) річки Прип'ять у Житомирській області у 2022–2023 роках були реалізовані наступні види діяльності, які вимагають застосування інструментів проєктного менеджменту:

- плани управління суббасейном річки Прип'ять у складі Плану управління річковим басейном Дніпра, картографічні матеріали та Програма заходів суббасейну річки Прип'ять;

- програми заходів і проєктів для досягнення встановлених екологічних цілей, зокрема спрямованих на вирішення головних водно-екологічних проблем суббасейну Прип'яті від забруднення органічними, біогенними та небезпечними речовинами;

- участь у проєкті «EU4Environment – Водні ресурси та дані про навколишнє середовище»;

- проєкти по відновленню та упорядкуванню природних водних джерел;

- проєкти по захисту населених пунктів і сільгоспугідь від затоплення та підтоплення, відновлення роботи інженерної інфраструктури;



– просвітницькі проекти для підвищення рівня інформованості громадськості, поліпшення стану навколишнього середовища (екологічні акції, конференції, уроки).

Таким чином, ефективне управління водними ресурсами – один із напрямів розвитку сучасної економіки країни, без якої неможливе її стійке існування та розвиток. Проблема раціонального використання водних ресурсів та скорочення їх втрат становить у даний час одну з актуальних економічних задач, яка вимагає кардинально нових підходів до системи управління та розподілу водних ресурсів.

Негативно впливає на вирішення екологічних водних проблем і відсутність дійового економічного механізму водокористування і реалізації природоохоронних заходів, недосконалість існуючої системи управління охороною та використанням водних ресурсів та нормативно-правової бази, відсутності автоматизованої системи моніторингу екологічного стану водних об'єктів, якості питної води та стічних вод у системах водопостачання і водовідведення, ефективного природоохоронного контролю за використанням водних ресурсів України.

Отже, сучасні економічні умови і специфіка моделі ринкових трансформацій в Україні вимагають використання більш сучасних підходів і концепцій ведення господарської діяльності. Одним з таких підходів є проєктний підхід, який стає все більш популярним в світовій економічній науці та практиці. Адже він дозволяє досягнути поставлених завдань, використовуючи наявні ресурси – час, капітал, людей, шляхом застосування сучасних методів, техніки і технологій.

В сучасних реаліях роль проєктного менеджменту стрімко зростає, оскільки проєкти стають невід'ємною складовою діяльності організацій як проєктно-орієнтованих, що давно використовують системний підхід до управління проєктами, так і тих, яким раніше не притаманна була така діяльність, як-от сфера природокористування. Впровадження проєктного підходу в управлінні дозволить здійснювати пошук найефективніших шляхів реалізації стратегічних цілей діяльності, під час якої вирішуються поставлені задачі.

Для того, щоб проєкт був ефективно реалізований і цілі досягнуто, необхідно дотримуватись алгоритму планування і реалізації проєктних ідей, використовуючи на кожному етапі відповідні методи та інструменти. У сучасних умовах господарювання інструменти проєктного менеджменту дають змогу адаптуватися підприємству до умов середовища, знизити рівень невизначеності та забезпечити стійкий розвиток.

За допомогою методів управління проєктами визначають його цілі, оцінюють життєздатність, розробляють структуру робіт, визначають необхідні обсяги і джерела фінансування, підбирають виконавців (в тому числі за допомогою торгів та конкурсів), визначають терміни реалізації,

складають графіки виконання робіт, оцінюють необхідні ресурси, кошторис і бюджет проекту, планують і враховують ризики, забезпечують контроль за реалізацією, оцінюють результати. Враховуючи особливості водогосподарської галузі нами були визначені основні складові системи управління водогосподарськими проектами.

Крім того, було проаналізовано основні елементи і функції управління водними ресурсами та систематизовано можливі напрямки в їх межах, де необхідно використання проектного підходу.

Визначено, що стратегічною метою ефективного та екологічно безпечного використання водних ресурсів сьогодні є стійке водокористування при сталому розвитку економіки, що можливо забезпечити шляхом впровадження принципів інтегрованого управління водними ресурсами. За допомогою інтегрованого підходу координується управління водними ресурсами в різних секторах економіки або зацікавленими групами в різних масштабах – від місцевого до міждержавного рівня.

Реорганізація системи управління водними ресурсами за басейновим принципом містить всі ознаки проектної діяльності: мету, часові межі, наявні ресурси, а отже, повинно здійснюватись з урахуванням сучасних проектних підходів та інструментарію.

Інструменти управління проектами у сфері управління водними ресурсами можуть відрізнятися за розмірами і масштабом. В результаті опрацювати наукових публікацій і публікацій практиків сфери проектного менеджменту нами виділені найбільш поширені інструменти управління проектами, які необхідно застосовувати на різних етапах розробки та реалізації проектів у сфері управління водними ресурсами та адаптовувати під особливості і потреби галузі.

### *Література до розділу*

1. Vasyl Stashuk, Nadiia Frolenkova, Leonid Kozhushko. Integrated Management of Water Resources in the Polesie Region. *Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone*. 2023. P. 417–437. DOI: 10.4018/978-1-6684-8248-3.ch026
2. Nadiia Frolenkova, Leonid Kozhushko. Ecological and Economic Efficiency of Investments in Water Management. *Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone*. 2023. P. 347–358. DOI: 10.4018/978-1-6684-8248-3.ch021
3. PMBOK – a Guide to the Project Management Body of Knowledge. Seventh Edition. Foundational Standards, 2021.

4. Азбука управління проектами. Планування : навч. посіб. / О.В. Єгорченков, Н.Ю. Єгорченкова, Є.Ю. Катаєва. Київ : КНУ ім. Т. Шевченка, 2017. 117 с.

5. Батенко Л. П., Лезина А. В. Управління цінністю проектів у підприємницьких структурах. Стратегія підприємства: підприємницький контекст : монографія / за заг. ред. Батенко Л. П., Решетняк Т. І. Київ : КНЕУ, 2019. 424 с.

6. Бізнес-планування та управління проектами : навч. посіб. / П. Г. Ільчук, Р. В. Фещур, А. І. Якимів, І. В. Когут, Г. Й. Лучко, Д. І. Скворцов, С. В. Шишковський ; за ред. П. Г. Ільчука. Львів, 2020. 215 с.

7. Бушуєв С. Д., Бушуєв Д. А., Ярошенко Р. Ф. Управління проектами в умовах «поведінкової економіки». *Управління розвитком складних систем*. 2018. Вип. 33. С. 22–30.

8. Розділ 5. Особливості управління та еколого-економічного оцінювання водогосподарських проектів в умовах ринкової економіки. *Водний менеджмент в Україні: проблеми та інновації розвитку* : монографія / за ред. д.т.н., проф. Л. Ф. Кожушка, д.т.н., проф., член-кор. НААН В. А. Сташука, д.е.н., проф., академіка НААН М. А. Хвесика, д.т.н., проф. А. М. Рокочинського. Рівне, 2018. С. 201–264.

9. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради (2000). Створення основи для дій Співтовариства у сфері водної політики. *Офіційний журнал Європейських Співтовариств*. ENL327/1.

10. Бізнес-планування та управління проектами : навч. посіб. / Ільчук П. Г., Фещур Р. В., Якимів А. І., Когут І. В., Лучко Г. Й., Скворцов Д. І., Шишковський С. В. Львів, 2020. 215 с.

11. Інформаційні технології та інновації в економіці, управлінні проектами і програмами : монографія / за заг. ред. В. О. Тимофєєва, І. В. Чумаченко. Харків : ХНУРЕ, 2016. 402 с.

12. Кириченко О. С. Впровадження програмно-проектного підходу до управління розвитком підприємства в сучасних умовах. URL: [https://otherreferats.allbest.ru/management/01387050\\_0.html](https://otherreferats.allbest.ru/management/01387050_0.html) (дата звернення: 10.12.2023).

13. Рач В. А. Управління проектами: практичні аспекти реалізації стратегій регіонального розвитку : навч. посіб. / В. А. Рач, О. В. Россошанська, О. М. Медведєва ; за ред. В. А. Рача. К. : К.І.С., 2010. 276 с.

14. Сташук В. А. Інтегроване управління водними і земельними ресурсами на меліорованих територіях : монографія. Київ : Аграрна наука, 2016. 784 с.

15. Тодорович М., Петрович Д., Міхич М. Структура аналізу успіху проекту: підхід до управління проектами, заснований на знаннях. *Між. журнал проектного менеджменту*. 2015. Вип. 4. Том 33. С. 772–783.

## АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК АВТОРІВ

### Редакційна група:

**Сташук Василь Андрійович** – доктор технічних наук, професор, академік НААН України, Інститут садівництва НААН України.

**Мошинський Віктор Степанович** – доктор сільськогосподарських наук, професор, НУВГП.

**Рокочинський Анатолій Миколайович** – доктор технічних наук, професор, НУВГП.

**Волк Павло Павлович** – доктор технічних наук, професор, НУВГП.

### Автори:

**Басюк Тетяна Олександрівна** – кандидат географічних наук, доцент, НУВГП.

**Васильчук Олександр Юрійович** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Вознюк Степан Тихонович** – доктор сільськогосподарських наук, професор, НУВГП.

**Волк Любов Романівна** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Воропай Галина Василівна** – кандидат технічних наук, старший дослідник, ІВПіМ НААН України.

**Галич Оксана Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Герба Олександр Володимирович** – аспірант, НУВГП.

**Гопчак Ігор Васильович** – доктор технічних наук, професор, НУВГП.

**Громаченко Сергій Юрійович** – кандидат технічних наук, НУВГП.

**Єжи Єзнах** – доктор технічних наук, професор, Головна школа сільського господарства Варшавського університету.

**Заєць Віталій Вадимович** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Квартенко Олександр Миколайович** – доктор технічних наук, доцент, НУВГП.

**Кожушко Леонід Федорович** – доктор технічних наук, професор, НУВГП.

**Козішкурт Світлана Миколаївна** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Коптюк Роман Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Корнієнко Валерій Ярославович** – доктор технічних наук, професор, НУВГП.

**Кузьмич Анна Андріївна** – аспірант, НУВГП.

**Кузьмич Людмила Володимирівна** – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, ІВПіМ НААН України.

**Кузьмич Степан Андрійович** – аспірант, ІВПіМ НААН України.

**Кучерук Мирослава Олегівна** – старший викладач, НУВГП.

**Лук'янчук Олександр Петрович** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Маланчук Євген Зіновійович** – доктор технічних наук, професор, НУВГП.

**Опенько Іван Анатолійович** – доктор економічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

**Панасюк Микола Іванович** – кандидат технічних наук, Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України.

**Поляков Вадим Леонтійович** – доктор технічних наук, професор, Інститут гідромеханіки НАН України;

**Приходько Наталія Володимирівна** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Прокопчук Андрій Володимирович** – старший викладач, НУВГП.

**Ромащенко Євгеній Вікторович** – аспірант, НУВГП.

**Рябенко Олександр Антонович** – доктор технічних наук, професор, НУВГП.

**Семенюк Василь Володимирович** – старший викладач, НУВГП.

**Сербенюк Віктор Олексійович** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН України».

**Сербенюк Ганна Анатоліївна** – кандидат сільськогосподарських наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

**Слюсар Іван Тимофійович** – доктор сільськогосподарських наук, професор, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН України».

**Соляник Олена Петрівна** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН України».

**Степчук Яніна Анатоліївна** – асистент, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

**Сунічук Сергій Васильович** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Тимощук Володимир Святославович** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Тихенко Ольга Володимирівна** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

**Тихенко Руслан Вікторович** – кандидат економічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

**Токар Людмила Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП;

**Трохимець Сергій Миколайович** – старший викладач, НУВГП.

**Турченко Василь Олександрович** – доктор технічних наук, професор, НУВГП.

**Фізик Ігор Васильович** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, НУВГП.

**Філіпович Юрій Юрійович** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Фроленкова Надія Анатоліївна** – кандидат економічних наук, доцент, НУВГП.

**Холоденко Вікторія Святославівна** – кандидат географічних наук, доцент, НУВГП.

**Цвях Олег Миколайович** – кандидат економічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

**Чарний Дмитро Володимирович** – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України.

**Чугай Євгеній Олександрович** – аспірант, НУВГП.

**Шевченко Олександр Вікторович** – кандидат економічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

**Шевченко Олексій Леонідович** – доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України.

**Янчук Олександр Євгенович** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Янчук Руслан Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, НУВГП.

**Яцик Артем Вікторович** – студент, НУВГП.

Наукове видання

## ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

*Колективна монографія*

Сташук В.А.	Кузьмич С.А.	Тимошук В.С.
Мошинський В.С.	Кузьмич А.А.	Тихенко О.В.
Рокочинський А.М.	Кузьмич Л.В.	Тихенко Р.В.
Волк П.П.	Кучерук М.О.	Токар Л.О.
Басюк Т.О.	Лук'янчук О.П.	Трохимець С.М.
Васильчук О.Ю.	Маланчук З.Р.	Турченко В.О.
Вознюк С.Т.	Опенько І.А.	Фізик І.В.
Волк Л.Р.	Пасюк М.І.	Філіпович Ю.Ю.
Воропай Г.В.	Поляков В.Л.	Фроленкова Н.А.
Галич О.О.	Приходько Н.В.	Холоденко В.С.
Герба О.В.	Прокопчук А.В.	Цвях О.М.
Гопчак І.В.	Ромашенко Є.В.	Чарний Д.В.
Громаченко С.Ю.	Рябенко О.А.	Чугай Є.О.
Єжи Єзнах	Семенюк В.В.	Шевченко О.В.
Заєць В.В.	Сербенюк В.О.	Шевченко О.Л.
Квартенко О.М.	Сербенюк Г.А.	Янчук О.Є.
Кожушко В.Ф.	Слюсар І.Т.	Янчук Р.М.
Козишкурт С.М.	Соляник О.П.	Яцик А.В.
Коптюк Р.М.	Степчук Я.А.	
Корнієнко В.Я.	Сунічук С.В.	

*Друкується в авторській редакції*

*Технічний редактор*

*Галина Сімчук*

Підписано до друку 24.04.2024 р. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Ум.-друк. арк. 46,0. Обл.-вид. арк. 51,4.  
Тираж 300 прим. Зам. № 5640.

*Видавець і виготовлювач  
Національний університет  
водного господарства та природокористування  
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до  
державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*