

Міністерство науки і освіти України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра гідрології та гідроекології

ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОГРАФІЇ ТА ВОДНІ РЕСУРСИ ПОЛЬЩІ

Галузь знань 10 – Природничі науки
Спеціальність 103 – Науки про Землю
Освітньо-наукова програма:
Гідрологія та інтегроване управління водними ресурсами

Студентки 2-го курсу магістратури

Гладкої Софії Вадимівни

Науковий керівник:
доктор геогр. наук, професор
Хільчевський В.К.

Київ – 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ	
ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПОЛЬЩІ.....	7
1.1. Історія вивчення гідрографічної мережі.....	7
1.2. Сучасні методи дослідження водних об'єктів.....	8
1.3. Природні та кліматичні чинники, що впливають на водний баланс.....	9
Висновки до розділу 1.....	12
РОЗДІЛ 2. СУЧАСНИЙ СТАН ТА СТРУКТУРА ГІДРОГРАФІЧНОЇ	
МЕРЕЖІ.....	14
2.1. Загальна характеристика річкових басейнів.....	14
2.1.1. Гідрологічний режим та морфометрія басейну р. Вісла.....	15
2.1.2. Особливості формування стоку в басейні р. Одра.....	18
2.1.3. Річки Балтійського узбережжя.....	22
2.2. Озерний фонд: генезис, класифікація та географічне поширення.....	25
2.3. Підземні води: гідрогеологічне районування та запаси.....	30
2.4. Штучні водні об'єкти.....	32
Висновки до розділу 2.....	34
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ТА ГОСПОДАРСЬКЕ ВИКОРИСТАННЯ	
ВОДНИХ РЕСУРСІВ.....	37
3.1. Кількісна та якісна оцінка наявних водних ресурсів.....	37
3.2. Територіальний розподіл та водозабезпеченість регіонів країни.....	39

3.3. Структура водоспоживання основними галузями економіки.....	42
3.3.1. Водопостачання промисловості та енергетичного сектору.....	42
3.3.2. Використання вод у сільському господарстві.....	43
3.3.3. Комунально-побутове водопостачання.....	44
3.4. Транспортне, рекреаційне та рибогосподарське значення водних об'єктів.....	46
Висновки до розділу 3.....	48
РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ.....	51
4.1. Антропогенний вплив та основні джерела забруднення поверхневих і підземних вод.....	51
4.2. Екстремальні гідрологічні явища: аналіз ризиків та наслідків.....	53
4.3. Вплив глобальних кліматичних змін на водний режим Польщі.....	55
4.4. Стратегія управління водними ресурсами згідно з Водною рамковою директивою ЄС та транскордонне співробітництво.....	57
Висновки до розділу 4.....	61
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

ВСТУП

Актуальність теми. Проблема забезпечення водними ресурсами є стратегічним викликом для економічного розвитку та екологічної безпеки країн Європейського Союзу. Сучасний стан гідросфери Польщі зумовлений не лише природними чинниками, а й радикальною зміною системи управління – переходом до басейнового принципу згідно з Водним законом 2017 року та вимогами Водної рамкової директиви ЄС.

Польща, попри розгалужену гідрографічну мережу, характеризується одним із найнижчих показників питомої водозабезпеченості в Європі – близько 1,6 тис. м³/рік на одного мешканця [1, 13]. Необхідність адаптації водного господарства до кліматичних флуктуацій, що проявляються у почастишанні екстремальних явищ (глибоких посух та катастрофічних паводків), обумовлює потребу в детальному аналізі гідрографії країни. Крім того, вивчення польського досвіду впровадження інтегрованого управління водними ресурсами (ІУВР) та відновлення екосистем після масштабних техногенних криз (зокрема на річці Одра у 2022 році) є критично важливим для України, враховуючи наявність спільних транскордонних басейнів.

Ступінь наукової розробки теми. Теоретичною основою дослідження стали праці В.К. Хільчевського щодо водної політики та управління водними ресурсами в Польщі та країнах Європи [1, 2, 13, 14, 27]. Вагомий внесок у дослідження гідрографії Польщі зробили польські вчені: Е. Байкевич-Грабовська та З. Хурський у галузі лімнології, А. Хоїнський щодо морфометрії та класифікації озер [3, 10], а також Д. Вжесінський у питаннях трансформації річкового стоку під впливом клімату [4, 18]. Праці цих авторів дозволяють комплексно оцінити динаміку водних об'єктів Польщі в умовах антропогенного пресингу.

Мета дослідження полягає у проведенні комплексного аналізу гідрографічної мережі, оцінці стану та господарського використання водних

ресурсів Польщі з урахуванням сучасних кліматичних змін та європейських стандартів екологічного управління.

Завдання дослідження:

1. Охарактеризувати природні передумови формування водного стоку та гідрологічне районування території Польщі.
2. Проаналізувати структуру та гідрологічний режим основних річкових систем (Вісли, Одри та річок Балтійського узбережжя).
3. Дослідити морфометричні особливості озерного фонду та стан підземних вод як стратегічного резерву країни.
4. Оцінити галузеву структуру водоспоживання та територіальні диспропорції водозабезпеченості регіонів.
5. Виявити основні екологічні проблеми водних об'єктів та обґрунтувати пріоритети інтегрованого управління в контексті транскордонного співробітництва.

Об'єкт дослідження: гідрографічна мережа та водні ресурси Республіки Польща.

Предмет дослідження: територіальні особливості формування, якісний стан та закономірності антропогенного використання водних об'єктів Польщі в умовах глобальних кліматичних змін.

Методи дослідження. Для досягнення мети використано комплекс географічних методів: літературно-аналітичний (аналіз наукових джерел та нормативно-правових актів ЄС); порівняльно-географічний (оцінка водозабезпеченості різних макрорегіонів); статистичний (обробка даних GUS та IMGW щодо водного балансу); картографічний (візуалізація гідрографічної мережі та дефіциту опадів).

Наукова новизна полягає в актуалізації даних щодо водного балансу Польщі за період до 2026 року, поглибленні аналізу впливу безсніжних зим на трансформацію весняного водопілля та систематизації підходів до управління

водними ресурсами в умовах екстремальних гідрохімічних криз на транскордонних річках.

Отримані дані можуть бути використані при розробці стратегій басейнового управління в Україні, у транскордонних проектах з охорони басейну Вісли та Західного Бугу, а також у навчальному процесі при викладі курсів «Гідрографія Європи» та «Управління водними ресурсами».

РОЗДІЛ 1. ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПОЛЬЩІ

1.1. Історія вивчення гідрографічної мережі

Розвиток гідрографічної думки на території Польщі є тривалим процесом, що відображає еволюцію європейської географічної науки – від раннього описового етапу до сучасного басейнового управління на засадах європейських директив. Глибоке розуміння сучасного стану водних ресурсів неможливе без ретроспективного аналізу етапів пізнання гідросфери регіону.

Етап початкового накопичення знань (XV-XVIII ст.). Витоки польської гідрографії пов'язані з іменем Яна Длугоша (*Jan Długosz*), чия праця «Хорографія Королівства Польського» (XV ст.) стала першим системним кадастром водних об'єктів. Длугош не лише перерахував головні річки (Вісла, Одра, Варта), а й надав перші морфометричні характеристики їхніх долин та опис найбільших озер, що на той час було проривом у географічному описі Центральної Європи. У цей період дослідження мали переважно прикладний характер, орієнтований на потреби судноплавства та військової стратегії.

Період наукового становлення (XIX - початок XX ст.). У XIX столітті, попри політичну роздробленість польських земель, гідрологічні спостереження набули регулярного характеру. Станіслав Сташиць (*Stanisław Staszic*) заклав підвалини генетичного підходу, розглядаючи річкову мережу в нерозривному зв'язку з геологічною будовою та рельєфом. Важливою віхою стало заснування у 1840-х роках стаціонарних водомірних постів на Віслі (Варшава) та Одрі (Вроцлав), що дозволило розпочати формування перших статистичних рядів спостережень [1, с. 88]. Після відновлення незалежності у 1919 році було створено Гідрографічний інститут, який централізував збір даних та розпочав видання «Гідрологічних щорічників».

Етап інтенсивного розвитку та спеціалізації (1945-2000 рр.). Друга половина XX століття позначилася формуванням потужних наукових центрів у Варшаві, Познані та Кракові. Праці Е. Байкевич-Грабовської (E. Bajkiewicz-Grabowska) щодо взаємодії поверхневих та підземних вод стали класикою польської гідрології [2]. У цей період виникла сучасна лімнологічна школа під керівництвом А. Хоїнського (A. Choiński), який провів ревізію озерного фонду та створив фундаментальний «Каталог озер Польщі» [3]. Дослідження цього етапу були спрямовані на розробку схем комплексного використання водних ресурсів та боротьбу з антропогенним забрудненням.

Сучасний етап: євроінтеграція та інтегроване управління (з 2000 р. дотепер). Сучасна водна політика Польщі базується на принципах Водної рамкової директиви ЄС (2000/60/EC). Дослідження змістилися в бік оцінки екологічного потенціалу водних тіл та розробки планів управління ризиками затоплення (програма ISOK¹). Важливим є аналіз впливу глобального потепління на стік, чим активно займається Д. Вжесінський (D. Wrzesiński), доводячи зростання нестабільності гідрологічного режиму польських річок [4].

1.2. Сучасні методи дослідження водних об'єктів

Вивчення гідрографії Польщі на сучасному етапі спирається на синтез традиційних гідрометричних вимірювань та інноваційних цифрових технологій. Згідно з методичними вимогами до магістерських робіт галузі «Науки про Землю», ключове місце займають наступні методологічні підходи:

1. Геоінформаційний аналіз (ГІС). Базовим інструментом є використання «Карти гідрографічного поділу Польщі» (MRHP) у середовищі ArcGIS та QGIS. Це дозволяє здійснювати прецизійне районування водозборів,

¹ ISOK (пол. *Informatyczny System Ochrony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami*) – польська інформаційна система захисту країни від надзвичайних загроз, створена для моніторингу та управління ризиками, зокрема повеннями, та забезпечення доступу до гідрографічних даних.

модельовати напрямки поверхневого стоку та розраховувати складні гідрографічні коефіцієнти (густота мережі, коефіцієнт асиметрії басейнів тощо). Цифрові моделі рельєфу (DEM), побудовані на основі LiDAR-сканування, є основою для прогнозування зон затоплення [12].

2. Дистанційне зондування (ДЗЗ). Використання даних супутників програми Copernicus (Sentinel-1 та Sentinel-2) дозволяє проводити моніторинг стану водойм без безпосереднього виїзду на об'єкт. Це особливо актуально для оцінки площі паводкових розливів та термічного забруднення великих річок.

3. Математичне та гідродинамічне моделювання. Використання програмних комплексів типу SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) дозволяє моделювати винос біогенних сполук з сільськогосподарських територій у басейни Вісли та Одри. Гідродинамічні моделі (MIKE 11, HEC-RAS) використовуються для розрахунку трансформації паводкової хвилі в руслах річок [1, с. 95].

4. Ізотопна гідрологія. Для визначення віку підземних вод та джерел їх живлення польські лабораторії використовують стабільні ізотопи кисню (^{18}O) та водню (^2H). Це дає змогу точно розмежувати ресурси підземних вод різних горизонтів та оцінити їхню відновлюваність.

5. Автоматизований моніторинг. Мережа Інституту метеорології та водного господарства (IMGW-PIB) включає сотні автоматичних станцій, що передають дані про рівні та якість води в режимі реального часу, що є основою для функціонування систем раннього попередження про небезпечні явища.

1.3. Природні та кліматичні чинники, що впливають на водний баланс

Формування водного балансу Польщі є результатом складної взаємодії геоморфологічних, геологічних та кліматичних факторів, що визначають не лише

обсяги ресурсів, а й їх просторовий розподіл. Польща є однією з найбільш дефіцитних щодо води країн Європи, що зумовлено специфікою природних умов.

Сучасний рельєф Польщі значною мірою сформувався під впливом давніх зледенінь (у період плейстоцену, 1,6 млн – 10 тис. років тому). Близько двох третин території на півночі та в центрі країни займає Польська низовина. Узбережжя Балтійського моря є рівнинним, із довгими піщаними косами, пляжами та дюнами.

Південніше приморська рівнина переходить у смугу горбисто-моренного рельєфу (залишеного льодовиком) – Балтійську грядку. Вона представлена Поморським та Мазурським поозер'ями, які розділені долиною річки Вісла. Тисячі замкнених улоговин виконують роль природного резервуара, де вода накопичується в озерах і повільно живить річки протягом року.

На південь від поозер'їв у широтному напрямку простягається пояс низовин (Сілезька, Великопольська, Мазовецько-Підляська). Це території з мінімальними похилами, де річки мають повільну течію та течуть широкими прадolinaми. Далі на південь низовини поступово змінюються височинами: Сілезько-Малопольською, Люблінською та невисокими Свентокшиськими горами (до 600 м). Збільшення похилів поверхні у цій зоні сприяє швидшому поверхневому стоку та активнішому живленню підземних вод через тріщинуваті породи.

Південний кордон країни утворюють гірські масиви: Судети на заході (найвища точка – г. Сніжка, 1603 м) та Карпати на сході. Між ними розташована улоговина Моравська брама, яка історично слугує важливим вододілом та транспортним коридором. У польській частині Карпат виділяють Бескиди, Бещади і Татри. Бескиди відзначаються округлими формами вершин, які переважно вкриті лісом, проте через водонепроникні гірські породи тут часто формуються стрімкі дощові паводки. Татри мають яскраво виражений високогірний (альпійський) рельєф із найвищою точкою країни горою Риси (2499

м). Саме гірський пояс, завдяки значним висотам і крутим схилам, виступає головною областю живлення для найбільших річок Польщі (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Фізична карта Польщі: чинники формування кліматичних та гідрологічних умов території

Кліматичні передумови. Клімат Польщі є помірним, перехідним від морського до континентального.

- **Опади:** Середня річна сума опадів становить близько 600 мм, проте спостерігається чіткий просторовий градієнт. У гірських районах випадає до 1200-1500 мм опадів, тоді як центральні низовини (Великопольща, Куявія) отримують лише 450-500 мм. Це створює ситуацію «дощової тіні», де випаровування часто перевищує суму опадів у вегетаційний період [9, с. 28].

- **Випаровування:** значна частина опадів у Польщі не доходить до річок, а випаровується назад в атмосферу – з поверхні землі, водойм та через листя рослин. У центральних низовинних районах країни, де дощів випадає найменше, ці втрати відчуються найгостріше. Через те, що вода випаровується швидше, ніж поповнюється новими опадами, ґрунти тут часто пересихають. Це створює постійний дефіцит вологи, що ускладнює ведення сільського господарства та зменшує загальний рівень води в річковій мережі.

Гідрологічний цикл та водний стрес. Особливістю Польщі є низький показник питомого стоку. Сумарний річний стік становить близько 60 км³, з яких лише невелика частина є гарантованою в маловодні роки. Зміна клімату проявляється в тому, що традиційне весняне водопілля стає менш вираженим через теплі безсніжні зими, натомість зростає частота раптових літніх зливових паводків та тривалих гідрологічних посух («нижівок»).

Висновки до розділу 1.

Еволюція гідрологічних досліджень у Польщі пройшла шлях від базових описових кадастрів до сучасного інтегрованого басейнового управління, адаптованого до вимог Водної рамкової директиви ЄС. Застосування комплексу інноваційних методів (ГІС-моделювання на базі LiDAR-зйомки, супутникового ДЗЗ програми Copernicus та математичного моделювання) кардинально змінило підхід до вивчення вод. Це дозволяє здійснювати прецизійний просторовий аналіз, прогнозувати гідрологічні ризики та відстежувати екологічний стан водойм у режимі реального часу.

Генезис та динаміка стоку на території Польщі визначаються транзитом водних мас від високогірних областей живлення через рівнинні макрорегіони. Унаслідок зменшення похилів русел на низовинах відбувається трансформація хвилі стоку: кінетична енергія потоку падає, що сприяє переведенню значної частини поверхневих вод у природні ємності (озерний фонд) та їхньому просочуванню в гідрогеологічні структури.

Польща об'єктивно є однією з найменш водозабезпечених країн Європи. За середньої багаторічної норми опадів близько 600 мм на рік спостерігається критична територіальна нерівномірність їх розподілу. Якщо гірські масиви акумулюють 1200-1500 мм опадів, то широка смуга центральних низовин (зокрема Великопольща та Куявія) отримує лише 450-500 мм, опиняючись у зоні глибокої «дощової тіні». В умовах сучасних кліматичних коливань центральна та рівнинна частини країни потерпають від високих показників сумарного випаровування, яка у теплий період року часто перевищує кількість опадів. Це призводить до катастрофічного зменшення шару ефективного стоку, виснаження ґрунтових вод та формування хронічного водного стресу.

РОЗДІЛ 2. СУЧАСНИЙ СТАН ТА СТРУКТУРА ГІДРОГРАФІЧНОЇ МЕРЕЖІ

2.1. Загальна характеристика річкових басейнів

Гідрографічна мережа Польщі є однією з найбільш вивчених у Центральній Європі, що зумовлено як її стратегічним значенням для регіону, так і тривалою історією гідрометричних спостережень. Територія країни майже повністю (на 99,7%) належить до басейну Балтійського моря. Решта території розподілена між басейнами Чорного моря (верхів'я річок Орава та Стрий) та Північного моря (верхів'я річок Ізер та Орліца) [1, 13].

Структура річкової системи Польщі має чітко виражений басейновий характер із домінуванням двох найбільших артерій – Вісли та Одри. Їхні водозбори охоплюють близько 88% площі країни, що визначає транзитний характер стоку та його залежність від геоморфологічних умов. Особливістю гідрографії Польщі є асиметрія річкових басейнів: правобережні частини зазвичай розвинені значно краще, ніж лівобережні. Це явище зумовлене як тектонічною будовою території (загальним нахилом платформи на північний захід), так і особливостями танення плейстоценового льодовика, що сформував систему широких прадолін, якими сьогодні протікають головні річки [14].

Для річкової мережі Польщі характерна висока густина в гірських районах півдня та значне розрідження в центральних низовинах (зокрема у Великопольщі), де дефіцит атмосферних опадів та висока проникність ґрунтів обмежують формування поверхневого стоку. Згідно з абіотичною типологією річок [17], водні об'єкти Польщі класифікуються за басейновим принципом, що є основою для реалізації планів управління річковими басейнами (ПУРБ) відповідно до Водної рамкової директиви та стандартів Європейського Союзу [7, 24].

Для систематизації та порівняльного аналізу основних гідрографічних показників головних річкових артерій країни, їхні морфометричні параметри зведено в таблицю 2.1. Дані відображають масштаби водозборів та їхній розподіл у межах державного кордону Польщі [14, 15, 29]. За цією таблицею, Вісла та Одра є домінуючими системами, що сукупно формують основу водного потенціалу держави.

Таблиця 2.1. Морфометричні характеристики найбільших річок Польщі

Назва річки	Загальна довжина (км)	Довжина в межах Польщі (км)	Загальна площа басейну (км ²)	Площа басейну в межах Польщі (км ²)	Середня витрата води в гирлі (м ³ /с)
Вісла	1047	1047	194 424	168 699	1080
Одра	854	742	118 861	106 056	567
Варта	808	808	54 529	54 529	215
Західний Буг	772	587	39 420	19 284	158
Нарев	484	448	75 175	53 873	328
Сян	443	443	16 861	14 390	124
Нотець	388	388	17 331	17 331	72
Пилиця	319	319	9 273	9 273	48
Вепр	303	303	10 415	10 415	38

2.1.1. Гідрологічний режим та морфометрія басейну р. Вісла

Вісла є найдовшою річкою Польщі та найбільшою річкою басейну Балтійського моря за об'ємом стоку.

Морфометричні та гідрографічні параметри. Загальна довжина Вісли становить 1047 км, що робить її найдовшою річкою басейну Балтійського моря.

Площа водозбірного басейну складає 194 424 км², з яких 168 699 км² (86,8%) знаходиться в межах державних кордонів Польщі [15, 16]. Басейн Вісли охоплює понад 54% території країни (рис. 2.1)..



Рис. 2.1. Басейн р. Вісла (в т.ч. річки Західний Буг та Сян на території України)

Морфологія басейну характеризується значною асиметрією (коефіцієнт асиметрії становить близько 2,7), де правобережна частина значно переважає лівобережну. Основні притоки Вісли формують розгалужену систему:

- Верхня Вісла: від витоків на схилах Баранячої гори (Сілезькі Бескиди) до впадіння Сяну. Тут річка має гірський та передгірський характер із великими похилами та швидкою реакцією на опади.

- Середня Вісла: від гирла Сяну до гирла Нарви. У цій частині річка приймає свої найбільші притоки – Вепр та систему Нарви із Західним Бугом. Тут на Віслі розташоване м. Варшава (рис. 2.2).
- Нижня Вісла: від Нарви до впадіння у Балтійське море. У нижній течії Вісла формує дельту (Жулави Вісляні), яка частково знаходиться нижче рівня моря [9, 16].



Рис. 2.2. Річка Вісла у Варшаві

Гідрологічний режим та фази водності. Режим Вісли класифікується як складний, снігово-дощовий із вираженими сезонними коливаннями стоку. Згідно з дослідженнями трансформації режиму стоку [18], протягом року спостерігаються дві основні фази підвищеної водності:

- Весняне водопілля (березень–квітень): зумовлене таненням снігового покриву. У цей період проходить до 30-40% річного обсягу стоку. Внаслідок кліматичних змін останніх десятиліть спостерігається тенденція до зміщення термінів водопілля на більш ранні дати та зменшення його інтенсивності [19].

- Літні дощові паводки (червень–липень): формуються внаслідок інтенсивних злив у Карпатському регіоні. Саме ці паводки часто мають катастрофічний характер. Історія повеней на Віслі свідчить, що максимальні рівні води часто фіксувалися саме в літній період (наприклад, повені 1997 та 2010 років) [20].

Періоди низької води (межень) припадають на кінець літа та осінь (вересень–жовтень), а також на зимовий період (січень–лютий) у разі стійких морозів. У періоди межені стік річки значною мірою підтримується за рахунок підземного живлення, частка якого в загальному балансі може сягати 40-50%.

Гідрохімічний стан та антропогенний вплив. Хімічний склад води Вісли зазнає суттєвої трансформації від витоків до гирла. У верхній течії спостерігається вплив промислових центрів Сілезії, що проявляється у підвищеній мінералізації та концентрації сульфатів.

У середній та нижній течії значний внесок у формування якості води роблять біогенні елементи (азот і фосфор), що надходять із сільськогосподарських угідь через притоки Нарву та Західний Буг [22]. Сучасне управління басейном Вісли спрямоване на зменшення йонного стоку та покращення екологічного потенціалу водних об'єктів відповідно до вимог Водно-рамової директиви ЄС [7, 23].

2.1.2. Особливості формування стоку в басейні р. Одра

Одра є другою за величиною та водогосподарським значенням річковою системою Польщі. Вона формує західний гідрографічний каркас країни та виконує критично важливі екологічні і транспортні функції як внутрішній та транскордонний водний шлях з Чехією та Німеччиною (рис. 2.3, 2.4).



Рис. 2.3. Басейн р. Одра (Чехія, Польща, Німеччина)



Рис. 2.4. Річка Одра: кордон Польщі та Німеччини

Морфометричні та гідрографічні параметри. Загальна довжина річки становить 854 км, з яких 742 км пролягають у межах Польщі. Площа басейну дорівнює 118 861 км² (на польську територію припадає 106 056 км², що становить близько 33,9% загальної площі держави) [13, 15]. Басейн Одри відзначається вираженою морфологічною асиметрією: правобережна частина охоплює близько 70% площі водозбору. Ця диспропорція формується переважно за рахунок суббасейну найбільшої правобережної притоки – річки Варта, площа водозбору якої сягає понад 54 тис. км² [14]. Основні притоки Одри формують таку гідрографічну систему:

- Верхня Одра: від витоків у Чехії (Одерські гори) до гирла річки Ниси-Клодзька. Тут річка протікає через високоурбанізовані індустріальні райони Сілезії та має значний похил русла.
- Середня Одра: від гирла Ниси-Клодзької до впадіння річки Варта. На цій ділянці річка приймає потужні лівобережні притоки (Бубр, Качава), що дренують Судети. Тут розташоване м. Вроцлав (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Річка Одра у м. Вроцлав (Польща)

Нижня Одра: від гирла Варти до впадіння у Щецинську затоку Балтійського моря. Русло річки розширюється, течія сповільнюється, і поблизу гирла вона розгалужується на рукави (Східна та Західна Одра).

Гідрологічний режим та фази водності. Режим стоку Одри класифікується як мішаний, із переважанням дощового та снігового типів живлення. На відміну від Вісли, формування гідрологічного режиму Одри у верхній та середній течії відбувається під потужним впливом лівобережних приток, що дренують північні схили гірського масиву Судетів. Високий градієнт похилу русел гірських приток зумовлює надзвичайно високу швидкість добігання паводкової хвилі до головного русла річки [13].

Внутрішньорічний розподіл стоку характеризується двома основними фазами підвищеної водності:

- Весняне водопілля (березень–квітень): формується внаслідок танення снігового покриву на рівнинах та в горах. Воно зазвичай має меншу інтенсивність порівняно з Віслою.
- Літні дощові паводки (липень–серпень): генеруються інтенсивними зливами у басейнах лівобережних приток. Саме літні паводки судетського генезису формують найбільшу загрозу масштабних затоплень у басейні. Класичним прикладом руйнівної дії зливогого стоку стала катастрофічна «Повідь тисячоліття» (*Powódź tysiąclecia*) 1997 року, що кардинально змінила підходи до протипаводкового захисту в Польщі [26].

Періоди низької води (межень) спостерігаються наприкінці літа та восени. В умовах сучасних кліматичних змін ці періоди все частіше супроводжуються глибокими гідрологічними посухами.

Гідрохімічний стан та антропогенний вплив. Одра є найбільш зарегульованою великою водною артерією країни. Система інженерних гідротехнічних споруд, що включає каскад водосховищ у верхній течії, мережу шлюзів та судноплавних каналів (зокрема, Глівіцький канал, що з'єднує річку з

Верхньосілезьким промисловим районом), суттєво трансформувала природну динаміку стоку. Це призвело до фрагментації річкових екосистем та зниження здатності річки до самоочищення [26].

Високе техногенне навантаження в поєднанні з підвищенням термічного режиму вод спричинили критичне зниження екологічного потенціалу Одри. Кульмінацією накопичених гідроекологічних проблем стала масштабна екологічна катастрофа влітку 2022 року, що супроводжувалася масовою загибеллю гідробіонтів на значному простяганні русла. Згідно з дослідженнями Л. Слугоцького та Р. Чернявського [25], тригером катастрофи стало екстремальне підвищення солоності (мінералізації) води внаслідок промислових скидів. В умовах тривалої літньої межени це спровокувало токсичне цвітіння інвазивних золотистих водоростей (*Prymnesium parvum*). Даний інцидент довів неефективність існуючих алгоритмів моніторингу якості поверхневих вод у басейні.

2.1.3. Гідрографічна характеристика річок Балтійського узбережжя

Гідрографічна мережа Балтійського узбережжя (макрорегіон Побережжя) формує специфічну, територіально ізольовану водозбірну систему, водотоки якої не належать до великих транзитних басейнів Вісли чи Одри. Ці річки здійснюють дренаж північних макросхилів Поморського поозер'я та впадають безпосередньо у Балтійське море або його прибережні естуарні лагуни.

Специфіка просторової організації цих басейнів детермінована впливом останнього (Віслінського) зледеніння. Загальною рисою морфології річок Побережжя є різка зміна поздовжнього профілю: від значних похилів у верхніх течіях, де річки прорізають кінцево-моренні пасма, що генерує високу кінетичну енергію потоку, типову для передгірських водотоків, до мінімальних похилів у гирлових ділянках, де русла проходять через плоскі піщані акумулятивні рівнини [27].

До головних гідрографічних артерій цього макрорегіону належать:

- **Річка Рега (Rega).** Найбільша за протяжністю водна артерія Побережжя. Її довжина становить 168 км, а загальна площа водозбірного басейну – 2725 км² [14]. Басейн Реги формується в умовах високого ступеня лісистості та наявності густої мережі післяльодовикових озер. Це створює умови для значного природного регулювання стоку (озерного та фітогенного). Річка бере початок із системи озер Поморського поозер'я, проходить через низку лісових масивів і впадає в Балтійське море поблизу порту Мжежино. Висока акумулююча здатність басейну запобігає формуванню екстремальних зливових паводків, трансформуючи поверхневий стік у підземне живлення [1].

- **Річка Парсента (Paręta).** Довжина русла становить 157 км, площа басейну – 3151 км² [14]. Гідрографічною особливістю Парсенти є її надзвичайно високий рівень базового (підземного) живлення, що забезпечується потужними товщами водно-льодовикових пісків у басейні. Екологічне значення річки є унікальним для Польщі: завдяки низькому антропогенному навантаженню, високій прозорості води та наявності природних гравійно-галькових перекатів, басейн Парсенти виступає головним ареалом природного нересту та розвитку анадромних видів іхтіофауни (зокрема, атлантичного лосося та кумжі) [24, 27].

- **Річка Вепша (Wieprza).** Має довжину 141 км та площу водозбору 2170 км². Поздовжній профіль річки відзначається інтенсивним меандруванням у середній та нижній течії. Критичною гідрологічною особливістю Вепші є функціонування зони її впадіння у Віслу (поблизу міста Дарлово). Під час потужних штормів на Балтиці стік річки у гирловій частині зазнає впливу так званих морських нагонів (явище «sofka»). Це призводить до виникнення зворотної течії, інтрогресії² солоних морських вод у гирло та формування

² **Інтрогресія солоних вод** (від лат. *intro* – всередину та *gressio* – рух) – процес проникнення морських вод у гирлову ділянку річки. Це явище спричиняє зміну хімічного складу води та формування гідралічного підпору, що перешкоджає вільному стоку прісної води та може призводити до затоплення заплавної території.

тимчасового гідравлічного підпору, що може викликати локальні затоплення прибережних територій [1, 27].

- **Річка Слупя (Ślupia).** Довжина водотоку складає 138 км. Басейн цієї річки вирізняється найбільшими перепадами поздовжнього профілю серед усіх водотоків регіону. Специфікою Слупі є інтенсивне освоєння її значного гідроенергетичного потенціалу. Поздовжній профіль річки суттєво трансформований каскадом малих гідроелектростанцій (МГЕС), деякі з яких функціонують ще з початку XX століття. Це антропогенне втручання створило штучні бар'єри для міграції гідробіонтів, докорінно змінило термічний режим окремих ділянок русла та порушило природні процеси транспортування завислих і донних наносів [24].

- **Річка Леба (Łeba).** Протяжність русла становить 117 км. Водотік має унікальний гідрологічний та екологічний режим, нетиповий для інших річок країни. Її русло у нижній течії (в межах Словінського національного парку) проходить транзитом через велике прибережне лиманне озеро Лебсько, яке відділене від моря рухомими піщаними дюнами. Це озеро виконує функцію потужного гідравлічного та геохімічного бар'єра: воно повністю трансформує хвилю стоку річки перед її впадінням у море, затримуючи паводкові води та акумулюючи алювіальні відклади, що приносяться Лебою з верхніх ділянок басейну [14, 27].

Особливості гідрологічного режиму та фази водності. Незважаючи на індивідуальні морфометричні відмінності басейнів, усі річки Балтійського узбережжя характеризуються спільним типом гідрологічного режиму, який класифікують як найбільш стабільний (вирівняний) на території Польщі[4]. Внутрішньорічний розподіл стоку тут є надзвичайно рівномірним і позбавленим різких амплітудних коливань, властивих карпатським чи судетським водотокам.

Ця гідрологічна стабільність обумовлена високою водопроникністю піщаних і зандрових ґрунтів Помор'я, які забезпечують швидку інфільтрацію

атмосферних опадів у підземні водоносні горизонти. Враховуючи, що середньорічна норма опадів у цьому макрорегіоні становить 700-800 мм, перевищуючи середні показники по країні, річки Побережжя мають найвищі модулі стоку в рівнинній частині Польщі [1]. Весняне снігове водопілля на цих річках виражене слабо через м'який морський клімат, часті зимові відлиги та відсутність стійкого снігового покриву. Натомість літні дощові паводки ефективно згладжуються потужною системою озерної та підземної ретенції водозборів.

2.2. Озерний фонд: генезис, класифікація та географічне поширення.

Лімнологічні системи Польщі виступають ключовими регуляторами гідрологічного циклу, виконуючи роль природних акумуляторів поверхневого стоку та детермінантів локального клімату. За кількісними показниками озерного фонду Польща посідає одне з провідних місць у Європі, що зумовлено специфікою її геоморфологічного розвитку в плейстоцені. Згідно з лімнологічними кадастрами [3, 10], на території країни зафіксовано понад 7000 озер площею понад 1 га, а сумарний лімнологічний коефіцієнт (озерність) становить близько 0,9%. Просторовий розподіл цих об'єктів характеризується екстремальною асиметрією: понад 95% озер сконцентровано в межах поширення останнього зледеніння, що формує чітко виражений пояс поозер'їв на півночі країни.

Абсолютна більшість польських озер має гляціальне походження, причому їхня морфологія безпосередньо залежить від динаміки Скандинавського льодовикового щита. Найбільш поширеними є моренні озера, що сформувалися у депресіях донної морени. Вони характеризуються значними площами водного дзеркала, але відносно малими глибинами та пологими схилами улоговин. На противагу їм, жолобові (риннові) озера утворилися внаслідок ерозійної дії

підльодовикових потоків. Такі об'єкти мають видовжену форму, значну порізаність берегів та круті підводні схили, що визначає їхній специфічний термічний і гідрохімічний режим [16, 27]. Окрему категорію утворюють прибережні озера, генезис яких пов'язаний із голоценовою трансформацією берегової лінії Балтійського моря та відшнуруванням колишніх морських заток піщаними косами.

Просторовий аналіз озерного фонду дозволяє виділити три головні озерні макрорегіони. Мазурське поозер'я є найбільшим лімнологічним вузлом, де озера з'єднані складною мережею природних протоків та штучних каналів, утворюючи єдину гідравлічну систему з високим ретенційним потенціалом. Поморське поозер'я відзначається домінуванням глибоких жолобових озер у лісових ландшафтах, що забезпечує стабільність їхнього водного балансу. Великопольське поозер'я, розташоване південніше, характеризується наявністю дрібніших та «старіших» озер, які в умовах дефіциту атмосферних опадів перебувають на пізніх стадіях лімнологічної еволюції [3].

Морфометричні характеристики ключових озерних систем яскраво ілюструють генетичну різноманітність та лімнодинамічні особливості водойм Польщі. Кожне з найбільших озер є репрезентативним прикладом певного типу лімногенезу.

Озеро Снярдви (Śniardwy) є найбільшою прісноводною водоймою Польщі, що входить до системи Великих Мазурських озер (рис. 2.6). Воно являє собою класичну донно-моренну водойму з розлогою, але відносно мілководною улоговиною. Загальна площа водного дзеркала становить 113,8 км², при цьому середня глибина не перевищує 5,8 м (максимальна – 23,4 м). Така батиметрія зумовлює поліміктичний характер озера: водні маси інтенсивно перемішуються вітровими потоками до самого дна, що унеможливорює формування стійкої температурної стратифікації в літній період та сприяє активному водообміну [3, 29].



Рис. 2.6. Озеро Снярдви – найбільше прісноводне озеро Польщі (113,8 км²), система Великих Мазурських озер

Озеро Мамри (Mamry) – друга за площею водойма країни (104,0 км²), яка фактично є складним гідрографічним комплексом із шести з'єднаних між собою постгляціальних басейнів на Мазурському поозер'ї. На відміну від Снярдв, улоговина Мамр характеризується значно більшою морфометричною строкатістю та досягає глибини 43,8 м. Це забезпечує наявність стабільного гіполімніону (холодного придонного шару) та створює сприятливі умови для збереження оліготрофно-мезотрофного екологічного статусу водойми.

Озеро Ганьча (Hańcza) виступає найглибшим лімнологічним об'єктом не лише Польщі, а й усієї рівнинної частини Центральної Європи. З максимальною глибиною 108,5 м та відносно невеликою площею (3,11 км²) воно є еталонним прикладом жолобового (риннового) озера. Його улоговина має форму глибокого субгляціального каньйону з надзвичайно крутими підводними схилами, промитими талими льодовиковими водами. Значний об'єм водних мас та їхня термічна інертність зумовлюють високу прозорість води та збереження реліктової холодолюбної фауни [3, 27].

Озеро Лебсько (Łebsko) репрезентує тип прибережних (ліманних) водойм і є третім за величиною озером Польщі з площею 71,4 км². Воно утворилося внаслідок відшнурування морської затоки акумулятивною піщаною косою. Водойма відзначається екстремальним мілководдям (максимальна глибина – 6,3 м, середня – 1,6 м) та функціонує як великий естуарій транзитної річки Леба. Для озера характерні інтенсивні процеси седиментації завислих наносів, швидке заростання макрофітами та періодичні інфлюєнції солоних вод із Балтійського моря під час штормових нагонів [14].

Озеро Морське Око (Morskie Oko) є унікальним для Польщі представником високогірних карових озер альпійського типу. Розташоване в Татрах на висоті 1395 м над рівнем моря, воно має площу 0,35 км² і глибину 50,8 м. Улоговина озера вироблена в твердих кристалічних породах гірським льодовиком. Водойма характеризується ультраоліготрофним статусом, тривалим періодом льодоставу (понад 5 місяців на рік) та відсутністю безпосереднього антропогенного забруднення.

Для систематизації морфометричних та генетичних характеристик репрезентативних водойм Польщі основні кількісні параметри зведено в таблицю 2.2. Дані базуються на офіційних лімнологічних кадастрах [3, 22].

Таблиця 2.2. Основні морфометричні параметри репрезентативних озер Польщі

Назва озера	Назва озера (мова оригіналу)	Генетичний тип улоговини	Площа (км ²)	Максимальна глибина (м)	Середня глибина (м)	Об'єм (млн м ³)
Снярдви	Śniardwy	Моренне (донно-моренне)	113,8	23,4	5,8	660,2

Мамри	Mamry	Моренне (комплексн е)	104,0	43,8	9,8	1012,4
Лебсько	Łebsko	Прибережн е (ліманне)	71,4	6,3	1,6	117,5
Домб'є	Dąbie	Дельтове (заплавне)	56,0	4,2	2,6	145,6
Ганьча	Hańcza	Жолобове (риннове)	3,1	108,5	38,7	120,4
Морське Око	Morskie Oko	Карове (високогір не)	0,1	50,8	28,4	9,9

У сучасний період озерний фонд Польщі перебуває під синергетичним тиском кліматичних змін та антропогенного навантаження. Дослідження свідчать про стійку тенденцію до скорочення площі озер та їхнього повного зникнення, особливо в центральних регіонах країни. Основними чинниками цього процесу є інтенсифікація випаровування внаслідок зростання температури повітря та зниження рівня ґрунтових вод через надмірний водовідбір.

Паралельно з фізичним зникненням водойм відбувається їхня прискорена евтрофікація – насичення біогенними елементами із сільськогосподарських територій. Це призводить до погіршення якості води, масового розвитку водоростей та втрати оліготрофного статусу навіть глибокими озерами. Сучасний стан озер Польщі вимагає впровадження активних заходів ревіталізації та суворого дотримання режимів водоохоронних зон для збереження їх як стратегічних резервуарів прісної води [10, 27].

2.3. Підземні води: гідрогеологічне районування та запаси

Підземні води утворюють фундаментальну складову водного балансу Польщі, виконуючи критичну роль у забезпеченні стабільного базового (інфільтраційного) живлення річкової мережі та формуванні стратегічних резервів питного водопостачання. Гідрогеологічна структура території обумовлена складною літостратиграфічною будовою та просторовою мінливістю морфоструктурних зон, що визначають умови акумуляції, транзиту та розвантаження підземних водних мас [1, 27].

Стратиграфічна прив'язка та архітектура водоносних горизонтів.

Абсолютна більшість експлуатаційних запасів прісних підземних вод Польщі (понад 70%) акумульована у водоносних комплексах кайнозою, зокрема в четвертинних та неогенових відкладах. Четвертинний водоносний комплекс, просторово пов'язаний із системою Середньоєвропейської низовини та поясом поозер'їв, сформований потужними товщами водно-льодовикових пісків, гравію та зандрових відкладів. Висока пористість та проникність цих літологічних структур забезпечує інтенсивну інфільтрацію атмосферних опадів, перетворюючи північну та центральну частину країни на зону активного водообміну. Згідно з даними Державного геологічного інституту (PGI-PIB) [28], глибина залягання ґрунтових вод у цих макрорегіонах варіює від 1-2 метрів у прадолинах до 20-30 метрів на моренних височинах. Натомість у південних регіонах (Малопольська та Люблінська височини) ключову гідрогеологічну функцію виконують тріщинно-карстові водоносні горизонти, приурочені до крейдових та юрських карбонатних порід, які характеризуються високою динамікою підземного стоку та наявністю потужних джерельних вузлів.

Система Головних резервуарів підземних вод (GZWP). Для оптимізації управління водними ресурсами та їх захисту від антропогенного виснаження у Польщі запроваджено концептуальну систему просторового виділення Головних

резервуарів підземних вод (Główne Zbiorniki Wód Podziemnych). Ця мережа охоплює понад 160 найважливіших гідрогеологічних структур, які характеризуються найвищими параметрами водопроникності та водообільності. Загальна площа цих резервуарів перекриває понад половину території держави. Виділення GZWP є інструментом імплементації Водної рамкової директиви ЄС [7], оскільки ці зони підлягають режиму суворої екологічної охорони від потенційного хімічного забруднення, враховуючи відсутність у багатьох з них надійного ізолюючого шару водотривких порід (глин чи суглинків) з поверхні [24].

Режим експлуатації та гідрогеологічні ризики. Попри значний загальний об'єм статичних запасів підземних вод, їхні відновлювані ресурси розподілені вкрай нерівномірно. Режим живлення підземних горизонтів знаходиться у прямій залежності від кліматичних флуктуацій. Зростання середньорічних температур та інтенсифікація сумарного випаровування з поверхні призводять до зменшення ефективної інфільтрації, що в останні десятиліття спричиняє стійке зниження п'єзометричних рівнів у мілководних горизонтах.

Окрім кліматичного пресингу, гідродинамічний та гідрохімічний стан підземних вод зазнає суттєвої антропогенної трансформації. Значною проблемою для екологічного стану горизонтів є інтенсивний розвиток депресійних лійок (*leje depresyjne*) – масштабних зон зниження рівня підземних вод, спровокованих кар'єрним водовідливом у районах видобутку бурого вугілля (зокрема, в районі Белхатува) та поліметалічних руд на півдні країни. Гідрохімічна еволюція неглибоких підземних вод характеризується підвищенням концентрації нітратів та сульфатів, що є наслідком міграції біогенних сполук із територій інтенсивного землеробства. Зазначені фактори диктують необхідність переходу до інтегрованого управління водними ресурсами, де захист зон живлення підземних горизонтів є пререквізитом стабільності річкового стоку [24, 28].

2.4. Штучні водні об'єкти: водосховища та канали

Штучні водні об'єкти відіграють ключову роль у трансформації гідрографічної мережі Польщі, виконуючи функції регулювання річкового стоку, забезпечення водопостачання, виробництва електроенергії та підтримки внутрішнього судноплавства. Їхнє створення зумовлено необхідністю нівелювання природної нерівномірності опадів та захисту територій від екстремальних гідрологічних явищ [24, 27].

Водосховища та їхні гідрологічні функції. У Польщі нараховується близько 140 великих водосховищ (об'ємом понад 1 млн м³), загальна акумуляційна здатність яких становить приблизно 4 млрд м³, що відповідає лише 6% середньорічного стоку. Такий низький показник ретенції визначає високу вразливість країни до паводків та посух.

Найбільші водосховища країни класифікуються за географічним положенням на гірські та рівнинні:

- Влоцлавське водосховище (*Zbiornik Włocławski*) на Віслі – найбільше за площею (70,4 км²) – рис.2.7. Воно функціонує переважно як руслове водосховище енергетичного призначення, проте відіграє важливу роль у льодовій безпеці нижньої течії річки.
- Солінське водосховище (*Jezioro Solińskie*) у Бещадах – найбільше за об'ємом (472 млн м³). Завдяки значній глибині (до 60 м) та високій греблі воно є потужним регулятором стоку річки Сян та важливим об'єктом гідроенергетики.
- Водосховище Рацибуж Дольни (*Racibórz Dolny*) на Одрі – стратегічний об'єкт, завершений у 2020 році. Це найбільший у країні «сухий» протипаводковий резервуар, здатний прийняти 185 млн м³ паводкової хвилі, що кардинально підвищило безпеку міст Вроцлав та Ополе [12, 26].

Магістральні канали та їхнє економічне значення. Мережа штучних водних шляхів Польщі історично формувалася для з'єднання найбільших річкових басейнів та підтримки сільського господарства.



Рис. 2.7. Влоцлавське водосховище на р. Вісла - найбільше за площею (70,4 км²) водосховище Польщі

- Канал Бидгоський (*Kanał Bydgoski*) з'єднує басейни Вісли та Одри, будучи частиною міжнародного водного шляху E70. Його функціонування обумовило розвиток річкового порту в Бидгощі (рис. 2.8).
- Канал Ельблонзький (*Kanał Elbląski*) – унікальний технічний пам'ятник світового значення, де через великий перепад висот використовуються рейкові перекати для суден. Сьогодні він має переважно рекреаційне значення.
- Канал Августовський (*Kanał Augustowski*) з'єднує басейни Вісли та Німану, проходячи через унікальні лісові масиви та озера, що робить його ключовим об'єктом водного туризму на північному сході країни.
- Канал Вепш-Кшна (*Kanał Wieprz-Krzna*) довжиною 140 км є найдовшим меліоративним каналом Польщі, призначеним для перекидання стоку з басейну р. Вепш у басейн р. Кшна для обводнення аграрних угідь Люблінщини [13, 27].



Рис. 2.8. Канал Бидгоський, який з'єднує басейни Вісли та Одри, є частиною міжнародного водного шляху E70 (споруджено в 1774 р.)

Функціонування штучних водних об'єктів створює необхідний гідротехнічний каркас для реалізації стратегій інтегрованого управління водними ресурсами та кліматичної адаптації економіки.

Висновки до розділу 2

Архітектура річкової мережі Польщі обумовлена орографічними умовами території та загальним похилом поверхні на північний захід. Гідрографічний каркас на 99,7% належить до басейну Балтійського моря. Яскраво виражена асиметрія найбільших водозборів (Вісли та Одри) з переважанням правобережних приток є прямим наслідком екзогенних процесів під час деградації плейстоценового льодовика та формування системи широтних прадолин.

Формування річкового стоку відбувається переважно в межах басейнів Вісли та Одри, що сукупно охоплюють 88% площі країни. Гідрологічний режим

Вісли класифікується як мішаний (снігово-дощовий) із вираженими весняним водопіллям та літніми карпатськими паводками. Режим Одри відзначається високим ступенем антропогенної зарегульованості русла та швидкою реакцією на зливові опади в басейнах лівобережних судетських приток. Обидві системи демонструють високу вразливість до гідрологічних посух та акумуляції техногенного забруднення (що підтверджується екологічною кризою на Одрі 2022 р.).

Річки Балтійського узбережжя (макрорегіон Побережжя) утворюють специфічну гідрологічну групу з найбільш вирівняним внутрішньорічним розподілом стоку. Завдяки високій проникності задрових відкладів та наявності озерних улоговин у басейнах, ці водотоки характеризуються високою природною ретенцією та стабільним підземним живленням, що мінімізує амплітуду сезонних коливань витрат води.

Озерний фонд країни (понад 7000 об'єктів площею понад 1 га) відрізняється чітко вираженим зональним поширенням: понад 95% водойм зосереджено у північному поясі поозер'їв. За генезисом улоговин абсолютно переважають льодовикові типи (моренні та жолобові). Сучасна еволюція лімносистем характеризується стійкою тенденцією до деградації: зменшення площі водного дзеркала, обміління улоговин та прискореної евтрофікації під впливом кліматичних флуктуацій і господарської діяльності.

Ресурси підземних вод формуються здебільшого у водоносних горизонтах четвертинних піщано-гравійних відкладів (на півночі та в центрі) та тріщинно-карстових структурах (на півдні). Вони є базовим джерелом живлення річкової мережі в меженні періоди. Просторовий перерозподіл запасів, а також утворення масштабних депресійних лійок у зонах видобувної промисловості, вимагають суворого дотримання режимів охорони в межах виділених Головних резервуарів підземних вод (GZWP).

Штучні водні об'єкти (водосховища Соліна, Влоцлавек та магістральні канали) створюють необхідну інженерну базу для управління водним балансом країни. Створення сучасних протипаводкових об'єктів, таких як Рацибуж Дольни, зумовило суттєве зниження ризиків катастрофічних затоплень у басейні Одри та є прикладом сучасної гідротехнічної адаптації.

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ТА ГОСПОДАРСЬКЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

3.1. Кількісна та якісна оцінка наявних водних ресурсів

Водні ресурси є одним із найбільш критичних і вразливих компонентів природно-ресурсного потенціалу Польщі. Для економіки та соціальної сфери країни характерний парадокс: незважаючи на розгалужену гідрографічну мережу та наявність тисяч озер, за обсягом наявних прісних вод Польща належить до групи найбідніших держав Європи.

Кількісна характеристика та рівень водозабезпеченості. Загальний обсяг водних ресурсів країни формується здебільшого за рахунок поверхневого стоку, генерованого атмосферними опадами на її території, та незначної частки транзитного стоку з суміжних держав (переважно Чехії та Словаччини). Згідно з даними глобальної інформаційної системи FAO-Aquastat [8], середній багаторічний об'єм відновлюваних водних ресурсів Польщі становить близько 60-62 км³ на рік.

Перерахунок цього обсягу на одного мешканця дає показник водозабезпеченості на рівні 1600 м³/рік. Для порівняння, середньоєвропейський показник становить близько 4500 м³/рік на особу. У роки з низькою кількістю опадів (посушливі періоди) питома водозабезпеченість у Польщі може падати нижче критичної межі у 1000 м³/рік, що за класифікацією ООН розцінюється як стан глибокого водного стресу [5, 25].

Такий перманентний дефіцит прісної води обумовлений передусім кліматичними чинниками: відносно низькою річною нормою опадів на рівнинній території (близько 600 мм) та стабільно високими показниками випаровування. Внаслідок підвищення середньорічних температур останніми десятиліттями, понад 70% вологи, що випадає з атмосфери, повертається назад шляхом

випаровування, навіть не досягаючи річкової мережі чи водоносних горизонтів [25].

Якісний стан водних об'єктів. Окрім кількісного дефіциту, серйозним бар'єром для господарського використання є якісний стан водних ресурсів. Якість поверхневих вод у Польщі формується під інтенсивним антропогенним тиском індустріалізованої економіки та розвинуеного аграрного сектору. Після вступу країни до Європейського Союзу відбулася кардинальна зміна парадигми управління водними ресурсами, що зумовлено імплементацією Водної рамкової директиви ЄС. Її головною метою є досягнення «доброго» екологічного та хімічного стану всіх водних об'єктів [28, 31].

Сучасний гідрохімічний стан річок та озер значною мірою визначається проблемою дифузного (неточкового) забруднення. Надходження біогенних елементів (сполук азоту та фосфору) із сільськогосподарських угідь у вигляді змивів мінеральних добрив призводить до масштабної евтрофікації водотоків та лімносистем. Це супроводжується «цвітінням» води, дефіцитом розчиненого кисню та втратою рекреаційної і рибогосподарської цінності водойм [7].

Окремою критичною проблемою залишається висока мінералізація вод у промислових регіонах (зокрема у Верхній Сілезії), пов'язана зі скидами засолених шахтних вод підприємствами вугільної промисловості. Екстремальне підвищення концентрації хлоридів і сульфатів в умовах тривалої літньої межени становить серйозну загрозу для прісноводних екосистем. Найбільш масштабним наслідком такої взаємодії стала екологічна катастрофа в басейні Одри у 2022 році, спровокована токсичним цвітінням водоростей на тлі високої солоності води [25]. Підземні води, що формують стратегічний резерв питного водопостачання, загалом характеризуються значно вищою якістю та рівнем захищеності від поверхневого забруднення. Проте у мілководних (грунтових) горизонтах аграрних регіонів також фіксується зростання концентрацій нітратів [24].

Отже, кількісна обмеженість та екологічна вразливість водних ресурсів Польщі вимагають переходу до жорстких режимів економії та впровадження інтегрованих планів управління річковими басейнами.

3.2. Територіальний розподіл та водозабезпеченість регіонів країни

Просторовий розподіл водних ресурсів на території Польщі відзначається екстремальною нерівномірністю, що зумовлено складною взаємодією циркуляційних атмосферних процесів та орографічної будови (бар'єрного ефекту гірських масивів). Ця нерівномірність створює глибокі регіональні диспропорції у водозабезпеченості, коли зони формування надлишкового стоку сусідять з територіями, що страждають від водного дефіциту.

За характером формування стоку та рівнем водозабезпеченості територію країни можна чітко розділити на три макрорегіони [13, 26]:

- **Південний макрорегіон (гірський та передгірський).** Охоплює Карпати, Судети та прилеглі височини. Хоча цей регіон займає відносно невелику частку площі країни, він виступає головною «водонапірною вежею» Польщі. Завдяки орографічному посиленню фронтальних опадів середньорічна сума опадів тут становить від 900 мм у передгір'ях до 1500 мм у високогір'ях Татр. Тверді кристалічні та флішові породи обмежують інфільтрацію, що призводить до формування потужного поверхневого стоку. Регіон характеризується найвищою водозабезпеченістю, проте через стрімкий характер гірських річок ці ресурси складно утримувати без масштабного гідротехнічного будівництва (водосховищ).
- **Північний макрорегіон (пояс поозер'їв та узбережжя).** Характеризується сприятливим і стабільним гідрологічним балансом. Річна сума опадів становить 600-800 мм. Наявність тисяч озер та висока проникність льодовикових відкладів створюють величезний потенціал природної ретенції. Водозабезпеченість тут

оцінюється як достатня та стабільна, оскільки поверхневий стік підтримується потужним розвантаженням підземних вод протягом усього року.

- **Центральний макрорегіон (смуга низовин).** Охоплює Великопольщу, Куявію, Мазовію та Лодзинський регіон. Це зона критичного водного дефіциту. Рівнинний рельєф та розташування в «аеродинамічній тіні» гірських масивів призводять до мінімальної кількості опадів (450-550 мм на рік). З огляду на інтенсивний розвиток сільського господарства та високий рівень випаровування в літній період, тут спостерігається від'ємний водний баланс. У польській географічній науці для опису екологічного стану цього регіону закріпився термін «степовизація Великопольщі» (*stepowienie Wielkopolski*), що означає прогресуюче пересихання ґрунтів, зниження рівня підземних вод та зникнення малих водотоків [26, 29].

Для наочної систематизації цих просторових диспропорцій основні кліматичні та гідрологічні індикатори зведено в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. Регіональна диференціація водозабезпеченості та гідрологічних параметрів Польщі (за даними Головного статистичного управління GUS) [29]

Гідрологічний макрорегіон (типів воєводства)	Середня річна сума опадів (мм)	Середній питомий стік (л/с з км ²)	Природна ретенційна здатність	Оцінка водозабезпеченості території	Основні лімітуючі фактори господарювання
Південний	900-1500	10,0-25,0	Низька (швидкий)	Висока (формування резервів стоку)	Високий ризик зливових паводків, швидке

(Малопольське, Підкарпатське, Сілезьке)			поверхневий стік)		виснаження річок у посуху
Північний (Поморське, Вармінсько- Мазурське)	600-800	5,0-8,0	Висока (озерна та підземна аккумуляція)	Достатня / Стабільна	Локальне заболочування, вразливість до евтрофікації
Центральний (Великопольськ е, Куявсько- Поморське, Лодзинське)	450-550	2,0-4,0	Середня / Низька (інтенсивне випаровуванн я)	Критично низька (водний дефіцит)	Глибокі гідрологічні посухи, пересихання малих водотоків, дефіцит води для АПК

Як свідчать наведені дані, центральні регіони Польщі, де сконцентровано найбільші масиви орних земель та потужні індустріальні центри, стикаються з найгострішим дефіцитом водних ресурсів. Це зумовлює необхідність просторового перерозподілу води (наприклад, через систему каналів) та впровадження замкнутих циклів водоспоживання на підприємствах для підтримання економічного потенціалу країни.

3.3. Структура водоспоживання основними галузями економіки

Аналіз структури водоспоживання в Польщі дозволяє виявити ключові вектори антропогенного навантаження на гідрологічні системи та оцінити ефективність управління водним попитом у різних секторах національної економіки. Загальний обсяг щорічного забору води для потреб народного господарства та населення становить близько 9,0-10,0 км³ на рік [29].

Історична ретроспектива свідчить, що цей показник суттєво зменшився порівняно з періодом до 1990 року (коли він сягав понад 14 км³). Таке скорочення обумовлено системною трансформацією економіки: закриттям водоемних підприємств важкої промисловості, модернізацією технологічних процесів та впровадженням ринкових тарифів на водокористування. Характерною рисою сучасної польської моделі є абсолютне домінування поверхневих вод як основного джерела (близько 80-82% від загального обсягу забору), тоді як цінні та захищені підземні води резервуються переважно для забезпечення санітарно-гігієнічних потреб населення [24, 27].

Сучасна структура розподілу водних ресурсів між галузями є вкрай асиметричною і безпосередньо визначається технологічним профілем енергетичного сектору та викликами кліматичних змін для аграрного виробництва.

3.3.1. Водопостачання промисловості та енергетичного сектору

Промисловість та енергетика виступають абсолютними лідерами водоспоживання в Польщі, акумулюючи близько 70-75% від загального обсягу державного водозабору. Проте структура використання всередині цього сектору є специфічною: понад 90% від цієї частки припадає виключно на потреби теплової та атомної енергетики [29].

Енергетичне водокористування обумовлено необхідністю охолодження технологічних агрегатів (конденсаторів турбін) на великих електростанціях, що

працюють переважно на кам'яному та бурому вугіллі. Специфікою цього процесу є його висока водомісткість, але водночас – надзвичайно низький рівень безповоротного споживання. Величезні масиви води забираються з головних річок (Вісли, Одри, Нарви), проходять через системи відкритого охолодження і майже у повному обсязі повертаються у водойми. Наслідком такого обороту є проблема так званого термічного забруднення. Підвищення температури води в зонах скидання призводить до зниження розчинності кисню, прискорення евтрофікації та створення штучних теплових бар'єрів, що блокують нерестові міграції іхтіофауни [24, 31].

Власне обробна промисловість (металургійна, хімічна, целюлозно-паперова та харчова галузі) споживає значно менші об'єми води, проте характеризується вищим ступенем її технологічного забруднення. Завдяки імплементації жорстких екологічних стандартів ЄС, на більшості сучасних підприємств впроваджено системи оборотного (замкнутого) водопостачання. Це дозволило багаторазово використовувати ту саму воду після локального очищення, мінімізуючи скидання високотоксичних промислових стоків у відкриту гідрографічну мережу.

3.3.2. Використання вод у сільському господарстві

Сільське, лісове господарство та рибництво займають друге місце у структурі, використовуючи близько 10-12% загального обсягу водних ресурсів. Попри відносно невелику частку в загальному заборі, аграрний сектор формує найбільший обсяг безповоротних втрат води в економіці. Вода, використана на полях, трансформується у біомасу рослин або повертається в атмосферу шляхом сумарного випаровування, не повертаючись до річкових русел [13].

Специфіка аграрного водокористування в Польщі формується за трьома основними напрямками:

- **Аквакультура (ставкове рибництво):** історично розвинена галузь (зокрема розведення коропа у Великопольщі та Сілезії). Наповнення величезних площ мілководних ставків потребує значних обсягів води у весняний період, що виконує також важливу функцію мікрорегіональної ретенції.
- **Зрошення (іригація) сільськогосподарських угідь:** потреба у штучному зволоженні зростає експоненціально на тлі глобального потепління. У центральному поясі низовин (Куявія, Великопольща) вирощування інтенсивних культур (овочів, цукрового буряка) вже неможливе без застосування дощувальних машин та систем крапельного поливу [26].
- **Тваринницькі комплекси:** забезпечення питних та санітарних потреб великих фермерських господарств, що здійснюється переважно за рахунок експлуатації локальних свердловин.

Критичною проблемою є те, що пік водоспоживання в АПК припадає на літній вегетаційний період, який хронологічно збігається з фазою глибокої межені в річках. Це провокує жорстку конкуренцію за водні ресурси між аграріями, енергетикою та потребами підтримання екологічних витрат у руслах [29].

3.3.3. Комунально-побутове водопостачання

Комунальний сектор та забезпечення потреб населення акумулюють приблизно 15-18% від загального водозабору країни. У цій сфері протягом останніх двох десятиліть відбулися найбільш фундаментальні якісні трансформації.

По-перше, відбувся перехід переважної більшості великих та середніх міст на водопостачання з підземних водоносних горизонтів. Це зумовлено високим рівнем їхньої природної захищеності від бактеріального та хімічного забруднення, на відміну від поверхневих джерел.

По-друге, питоме водоспоживання в домогосподарствах Польщі суттєво знизилося до європейських норм і наразі становить у середньому 100-120 літрів на добу на одну особу. Досягнення цього показника стало можливим завдяки 100% оснащенню споживачів приладами обліку води (лічильниками), зростанню тарифів на водопостачання та водовідведення, а також поширенню водозберігаючої побутової техніки [28, 29].

Головним викликом для комунального сектору є подолання інфраструктурного розриву між містом та селом. Якщо рівень підключення до водопровідних мереж є високим по всій країні, то розвиток каналізаційних систем у сільській місцевості суттєво відстає. Для вирішення цієї проблеми реалізується Національна програма очищення комунальних стічних вод (KPOŚK) згідно з Директивою ЄС 91/271/ЕЕС. Її мета – модернізація очисних споруд для глибокого видалення біогенних елементів (азоту та фосфору), які є головним драйвером евтрофікації поверхневих вод та деградації екосистем Балтійського моря [7, 31]. Основні показники водоспоживання зведено в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2. Структура та обсяги водоспоживання за галузями економіки Польщі (за даними GUS) [29]

Галузь економіки	Частка в загальному споживанні (%)	Основне джерело водозабору	Цільове призначення води	Динаміка використання (останні 5 років)
Енергетика та промисловість	72,0-75,0	Поверхневі води	Охолодження ТЕС/АЕС, технологічні процеси	Стабільна (за рахунок замкнутих циклів)

Сільське та рибне господарство	10,0-12,0	Поверхневі та підземні води	Зрошення, наповнення ставків, тваринництво	Зростаюча (через дефіцит опадів)
Комунальне господарство (населення)	15,0-18,0	Переважно підземні води	Питне водопостачання, санітарно-гігієнічні потреби	Поступове зниження (економія ресурсу)

3.4. Транспортне, рекреаційне та рибогосподарське значення водних об'єктів

Окрім прямого забезпечення потреб промисловості та аграрного сектору, водні об'єкти Польщі виконують низку критично важливих екосистемних, логістичних та соціальних функцій. Інтегроване управління водними ресурсами передбачає гармонізацію цих різних напрямків використання, які часто вступають у конкуренцію між собою.

Внутрішній водний транспорт. Незважаючи на розгалужену річкову мережу, потенціал внутрішнього водного транспорту в Польщі наразі використовується вкрай обмежено, особливо порівняно з сусідньою Німеччиною. Загальна протяжність внутрішніх водних шляхів становить понад 3600 км, проте лише близько 6% з них відповідають міжнародним експлуатаційним класам (IV та V класи судноплавства), які дозволяють рух великотоннажних барж [29].

Головною транспортною артерією країни є Одерський водний шлях (Odrzańska Droga Wodna), який з'єднує індустріальні райони Верхньої Сілезії (через Глівіцький канал) із морськими портами в Щецині та Свіноуйсьце. Цей

маршрут має ключове значення для транспортування масових вантажів (вугілля, руди, будматеріалів). Ефективність судноплавства на Одрі обумовлена високим ступенем каскадного шлюзування річки у верхній та середній течії.

Натомість річка Вісла, попри свої масштаби, залишається переважно нерегульованою в середній течії (так звана «дика Вісла»). Це зберегло її унікальні екологічні ландшафти, але фактично унеможливило наскрізне транзитне судноплавство. Регулярний вантажний рух на Віслі здійснюється лише на відрізку Нижньої Вісли (від Бидгоща до Гданська) та в межах дельти [9, 24, 27]. Розвиток водного транспорту розглядається урядом як екологічна альтернатива автомобільним перевезенням, проте масштабні днопоглиблювальні роботи часто стикаються з протестами екологічних організацій та обмеженнями програми Natura 2000.

Рекреаційний потенціал та водний туризм. Водний туризм є одним із найдинамічніших секторів рекреаційної економіки Польщі. Просторова структура туристичного водокористування визначається географічним розподілом озерного фонду та лісових масивів.

Абсолютним центром яхтингу та вітрильного спорту є система Великих Мазурських озер. Завдяки розгалуженій мережі каналів, що з'єднують найбільші водойми (Снярдви, Мамри, Негоцін), тут сформовано унікальний для Європи наскрізний судноплавний маршрут довжиною понад 110 км. Економічна успішність цього регіону прямо залежить від підтримання високої якості води, оскільки антропогенна евтрофікація є головною загрозою для туристичної привабливості водойм [3, 26].

Окрім озерного яхтингу, національного масштабу набув розвиток каякінгу (сплавів на байдарках) на річках з високим показником лісистості водозборів. Найбільш популярними рекреаційними маршрутами є річки Крутиня (Мазури), Чарна Ганьча (Сувальщина) та Брда (Помор'я) [27].

Рибогосподарське використання (аквакультура та промисел).

Рибогосподарський комплекс внутрішніх вод Польщі складається з двох різних за своєю технологією сегментів:

Ставкова аквакультура: Польща є одним із найбільших виробників прісноводної риби в Європі (зокрема коропа). Ця галузь має багатовікову традицію і локалізована переважно в південних та центральних регіонах (наприклад, знамениті Міліцькі ставки в долині річки Барич). Ставкові господарства не лише продукують біомасу, але й виконують функцію макрорегіональної акумуляції, утримуючи весняні паводкові води [14].

Річковий та озерний промисел: промисловий вилов риби у відкритих водоймах поступово скорочується, поступаючись місцем аматорському (спортивному) рибальству. Винятково важливе рибогосподарське значення мають річки Балтійського узбережжя (Парсента, Рега, Слупя). Завдяки стабільному гідрологічному режиму, низькій температурі та високій аерації вод, ці річки є головними нерестовищами для цінних прохідних лососевих видів риб (кумжі та атлантичного лосося). Збереження цих міграційних коридорів вимагає демонтажу старих гідротехнічних бар'єрів або будівництва ефективних рибоходів на МГЕС [24, 27].

Висновки до Розділу 3

Наявні водні ресурси Польщі характеризуються структурним дефіцитом (питома водозабезпеченість становить близько 1600 м³/рік на особу), що обумовлено низькою середньою нормою атмосферних опадів на рівнинній території та стабільно високими показниками сумарного випаровування. Повноцінне господарське освоєння поверхневих вод додатково обмежується їхнім незадовільним екологічним станом унаслідок дифузного агрохімічного

забруднення (евтрофікації) та високої мінералізації промислових скидів (засолювання).

Територіальний розподіл водних ресурсів відзначається екстремальною просторовою асиметрією. Головною зоною формування стоку виступає гірський південь, стабільність гідрологічного балансу забезпечується природною озерною ретенцією півночі, тоді як центральні низовини (зокрема макрорегіон Великопольщі) перебувають у стані хронічного водного стресу. Прогресуюча «степовизація» центральних регіонів вимагає впровадження інженерних систем просторового перерозподілу води.

Структура водоспоживання (із загальним обсягом 9,0-10,0 км³ на рік) визначається домінуванням індустріально-енергетичного сектору (понад 70% водозабору). Використання води великими ТЕС для охолодження агрегатів має поворотний характер, проте генерує теплове забруднення річок. Натомість аграрний сектор (10-12%) формує найбільший обсяг безповоротних втрат вологи через зростаючу потребу в іригації, що загострює конкуренцію за водні ресурси в періоди літньої межени.

Комунально-побутове водопостачання міст базується переважно на експлуатації підземних водоносних горизонтів, що зумовлено їхньою високою природною захищеністю. Раціоналізація водокористування та встановлення приладів обліку дозволили знизити питоме споживання води населенням до європейських норм, проте стратегічним викликом залишається модернізація очисних споруд у сільській місцевості для мінімізації виносу біогенних елементів у Балтійське море.

Комплексне управління гідрологічними системами вимагає гармонізації транспортних, рекреаційних та екологічних функцій. Внутрішнє судноплавство зосереджене переважно на каскадованій Одрі, тоді як русло Вісли залишається транзитно нерегульованим. Рекреаційний потенціал (яхтинг на Великих Мазурських озерах) та рибогосподарська значущість (нерестовища прохідних

лососевих у річках Побережжя) перебувають у жорсткій залежності від збереження належної якості води та вільного гідроморфологічного стану водотоків.

РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ

4.1. Антропогенний вплив та основні джерела забруднення поверхневих і підземних вод

Інтенсивний розвиток промисловості, урбанізація та хімізація сільського господарства у другій половині XX століття призвели до глибокої антропогенної трансформації гідрохімічного режиму водних об'єктів Польщі. Сучасний екологічний стан водних ресурсів країни визначається складною синергією історично накопиченого техногенного навантаження та новітніх чинників дифузного забруднення.

За характером просторового розподілу та генезисом джерела забруднення водних об'єктів Польщі класифікуються на дві фундаментальні групи: точкові (зосереджені) та дифузні (неточкові) [24].

Точкові джерела забруднення: комунальний та промисловий сектори. Точкові джерела представлені організованими скидами стічних вод із комунальних очисних споруд та промислових підприємств. Згідно зі статистичними даними GUS [29], загальний обсяг стічних вод, що потребують очищення, має тенденцію до стабілізації, проте проблема їхньої якості залишається актуальною.

Історично найбільшої деградації зазнали верхів'я головних річкових артерій – Вісли та Одри, водозбори яких охоплюють Верхньосілезький промисловий район. Специфічною проблемою гірничовидобувних регіонів Польщі є скидання високомінералізованих (засолених) шахтних вод, а також стійке забруднення донних відкладів солями важких металів (свинцю, кадмію, цинку), що підтверджується багаторічними дослідженнями А. Ковальчика [21]. Екстремальне підвищення концентрації хлоридів та сульфатів у прісноводних

екосистемах призводить до галофітизації біоценозів (заміщення прісноводних видів солонуватоводними). Кульмінацією накопичення таких промислових скидів в умовах низької водності та високих температур стала масштабна екологічна катастрофа на річці Одра влітку 2022 року, коли гіперсолоність спровокувала масовий розвиток токсичних золотистих водоростей (*Prymnesium parvum*) та загибель сотень тонн іхтіофауни [25, 31].

Незважаючи на значний прогрес у модернізації комунальних очисних споруд після вступу Польщі до ЄС, міські агломерації продовжують чинити тиск на водотоки. Традиційні технології біологічного очищення виявилися недостатньо ефективними проти так званих «нових забруднювачів» (emerging contaminants) – залишків фармацевтичних препаратів, мікропластику та гормональних сполук, які вільно транзитують через міські очисні споруди і потрапляють у річкові екосистеми, викликаючи мутації у гідробіонтів[32]. Крім того, під час екстремальних злив через перевантаження загальносплавних систем каналізації часто здійснюються аварійні скиди неочищених міських вод, що спричиняє різке зниження розчиненого кисню в річках.

Дифузні джерела забруднення: агрохімічний пресинг та урбанізований змив. У сучасних умовах головною загрозою для якості поверхневих вод Польщі є дифузне (просторове) забруднення. Поряд із сільським господарством, вагому частку такого забруднення генерують поверхневі стоки з урбанізованих територій. Змив із міських вулиць та транспортних магістралей постачає у водойми значні обсяги завислих речовин, нафтопродуктів та хлоридів (особливо внаслідок зимового утримання доріг), що призводить до замулення русел малих річок та формування токсичних навантажень під час весняного сніготанення.

Однак найбільш масштабним наслідком дифузного забруднення є прискорена евтрофікація водойм, що зумовлена зливом біогенних елементів – сполук азоту та фосфору – з аграрних угідь. Як свідчать дослідження хімічного складу води у басейнах Західного Бугу, Нарви та Вісли [17, 22], значна частка

йонного стоку цих річок формується саме за рахунок сільськогосподарських територій. Надлишок біогенів викликає бурхливе «цвітіння» фітопланктону, гіпоксію у придонних шарах та деградацію рекреаційного потенціалу озер на півночі країни. Більше того, річки Польщі виступають головними артеріями, що транспортують ці біогени до Балтійського моря, стимулюючи утворення там масштабних безкисневих (мертвих) зон [24].

Вразливість та забруднення підземних вод. Підземні водоносні горизонти, які є основним джерелом питного водопостачання, також зазнають антропогенної трансформації. Хоча глибокі артезіанські води надійно ізольовані водотривкими породами, мілководні ґрунтові води (переважно в четвертинних відкладах) є вкрай вразливими. Головною проблемою для них є інфільтрація нітратів із зон інтенсивного землеробства та неканалізованої сільської забудови. У багатьох районах Великопольщі та Мазовії концентрація нітратів у першому від поверхні водоносному горизонті регулярно перевищує гранично допустимі санітарні норми (50 мг/дм^3), що унеможливорює використання цих вод для питних потреб без дороговартісної водопідготовки [28, 31].

4.2. Екстремальні гідрологічні явища: аналіз ризиків та наслідків

Екстремальні гідрологічні явища у вигляді катастрофічних паводків та глибоких посух становлять одну з найбільших загроз для економічної стабільності та екологічної безпеки Польщі. Їхня просторова та часова локалізація зумовлена перехідним характером клімату (зіткненням морських та континентальних повітряних мас), а також морфометричними особливостями головних річкових басейнів [6].

Паводки та повені: генезис і територіальна вразливість. У гідрологічному режимі річок Польщі виділяють два основні генетичні типи повеней: весняні розтопні (снігові або льодяні затори) та літні зливові. Найбільш

руйнівними є саме зливові паводки, які формуються у гірських та передгірських районах на півдні країни (Карпати та Судети). Стрімке випадіння багатоденних фронтальних опадів на невеликих водозборах із крутими схилами призводить до миттєвого формування пікових витрат води.

Класичними прикладами таких катастроф є «Повінь тисячоліття» (Powódź tysiąclecia) у липні 1997 року в басейні Одри та серія руйнівних паводків на Віслі у травні-червні 2010 року. Повінь 1997 року виявила критичну недостатність наявної протипаводкової інфраструктури: затоплення охопило близько 665 тис. гектарів (зокрема міста Вроцлав та Ополе), а економічні збитки сягнули мільярдів доларів [6, 20].

Катастрофічні наслідки цих подій обумовили кардинальний перегляд державної політики безпеки. Наслідком стало впровадження сучасної Інформаційної системи захисту країни від надзвичайних загроз (ISOK), яка інтегрує дані радарної метеорології, гідрологічного моделювання та створює високоточні карти ризику затоплення для кожної гміни [12]. Також було змінено інженерну парадигму: замість виключного бетонування русел перевага почала надаватися створенню сухих протипаводкових водосховищ (наприклад, резервуар Рацибуж Дольни на Одрі) та відновленню природних заплав, які діють як буферні зони [27].

Гідрологічні та гідрогеологічні посухи. Іншим полюсом гідрологічних екстремумів є посухи. На відміну від швидкоплинних паводків, посуха є явищем із тривалим періодом розвитку, що охоплює величезні території. У Польщі розвиток цього процесу має чітку послідовність: дефіцит атмосферних опадів (метеорологічна посуха) призводить до виснаження ґрунтової вологи (аграрна посуха), що згодом трансформується у зниження витрат води в річках нижче біологічного мінімуму (гідрологічна посуха) та, зрештою, у падіння рівнів підземних вод (гідрогеологічна посуха).

Протягом останнього десятиліття (особливо у 2015, 2018 та 2019 роках) Польща зіткнулася з безпрецедентними за тривалістю періодами гідрологічного дефіциту. Найбільш вразливими до цього явища є центральні регіони (Великопольща та Куявія). Дослідження У. Соморовської [11] фіксують у цих регіонах системне зниження дзеркала ґрунтових вод, що призводить до масового пересихання малих водотоків першого та другого порядків у літній період.

Наслідки гідрологічних посух мають мультиплікативний негативний ефект для економіки:

- Знижується асиміляційна здатність річок (менший об'єм води не здатен розбавити постійні обсяги комунальних скидів, що призводить до екологічних криз) [25].
- Блокується робота відкритого охолодження на теплових електростанціях через критично низький рівень води у водозаборах.
- Зупиняється внутрішнє судноплавство на Одрі та Нижній Віслі.

Таким чином, сучасний водний режим Польщі визначається зростанням амплітуди екстремальних явищ: тривалі періоди глибокої межені все частіше перериваються раптовими та руйнівними зливовими паводками, що вимагає переходу до адаптивних моделей управління водними ресурсами [6, 24].

4.3. Вплив глобальних кліматичних змін на водний режим Польщі

Трансформація гідрологічного режиму річок та озер Польщі у XXI столітті значною мірою обумовлена змінами глобальної кліматичної системи. Згідно з дослідженнями З. Кундзевича [5], на території Польщі фіксується стійкий тренд до підвищення середньорічної температури повітря, що супроводжується зростанням частоти та тривалості термічних екстремумів (хвиль тепла). При цьому загальна річна сума атмосферних опадів залишається відносно стабільною, однак кардинально змінюється їхній внутрішньорічний розподіл та агрегатний стан (співвідношення снігу та дощу).

Трансформація фаз водного режиму та зникнення снігового водопілля. Найбільш вираженим індикатором кліматичних змін є хронологічне зміщення фаз гідрологічного режиму річок. Історично для водотоків Польщі (особливо в басейні Вісли та східних притоках Одри) було характерним чітко виражене весняне водопілля снігового генезису, що формувалося у березні-квітні внаслідок масового танення снігового покриву.

Однак, як зазначається у працях Й. Поцяск-Картечки щодо термічного зміщення гідрологічних сезонів [19], стабільне потепління у зимовий період призводить до скорочення кількості днів зі сніговим покривом та критичного зменшення снігозапасів на водозборах. Це зумовлює формування так званих «безсніжних зим» (*bezśnieżne zimy*), коли зимові опади випадають переважно у вигляді дощу. Наслідком цього є поява серії нетипових короточасних паводків у січні-лютому (зимові дощові паводки), тоді як класична хвиля весняного снігового водопілля суттєво згладжується або взагалі зникає. Така зміна режиму позбавляє екосистеми заплав (наприклад, у національних парках Бебжанському та Нарвянському) життєво необхідного весняного затоплення, що провокує деградацію водно-болотних угідь [19, 27].

Інтенсифікація випаровування та поглиблення літньої межені. Іншим критичним наслідком зростання температур є суттєва інтенсифікація сумарного випаровування. Підвищення температури повітря та ґрунту в теплий період року призводить до збільшення частки вологи, що повертається в атмосферу. Відповідно, зменшується частка «ефективних опадів», які здатні інфільтруватися та поповнювати підземні водоносні горизонти.

Дефіцит інфільтрації безпосередньо визначає зниження базового (підземного) живлення річок у літньо-осінній період. Як наслідок, літня межень стає не лише більш тривалою, але й глибокою: рівні води в багатьох водотоках падають нижче історичних мінімумів, а малі водотоки першого і другого порядків тимчасово пересихають. Зменшення об'єму води в руслах критично

знижує здатність річок до самоочищення та розбавлення стічних вод, що закономірно призводить до екологічних криз [5, 24].

Лімнологічні та температурні наслідки. Кліматичні флуктуації також безпосередньо впливають на озерні системи поясу поозер'їв. Скорочення періоду льодоставу або його повна відсутність протягом м'яких зим посилює вітрове перемішування та прискорює весняне прогрівання водних мас. Зростання температури води у водоймах додатково стимулює біохімічні процеси, каталізуючи евтрофікацію навіть за умови незмінного антропогенного надходження біогенів. Зростання випаровування з поверхні водного дзеркала на тлі дефіциту живлення обумовлює стійкий тренд до фізичного обміління та зникнення мілководних озер у центральній частині країни [10].

Отже, глобальні кліматичні зміни порушують історичну стабільність гідрологічного циклу, трансформуючи внутрішньорічний розподіл стоку та посилюючи амплітуду водних екстремумів. Це вимагає від водогосподарського комплексу Польщі термінового переходу від традиційного управління водними ресурсами до стратегій превентивної кліматичної адаптації.

4.4. Стратегія управління водними ресурсами згідно з Водною рамковою директивою ЄС та транскордонне співробітництво

Сучасна стратегія управління водними ресурсами Польщі визначається необхідністю гармонізації національного законодавства з екологічними стандартами Європейського Союзу. Ключовим інструментом цієї трансформації виступає Водна рамкова директива (2000/60/WE), яка запроваджує інтегрований підхід до охорони та використання водних об'єктів на основі басейнового принципу [7, 24].

Інституційна структура та басейнове управління. Фундаментальною особливістю сучасної системи управління є відмова від адміністративно-

територіального поділу на користь гідрографічного. Уся територія країни розділена на річкові басейни (одиниці управління), для кожного з яких розробляються та кожні шість років оновлюються Плани управління водами в межах річкового басейну (PWG) [23,33] – рис. 4.1.

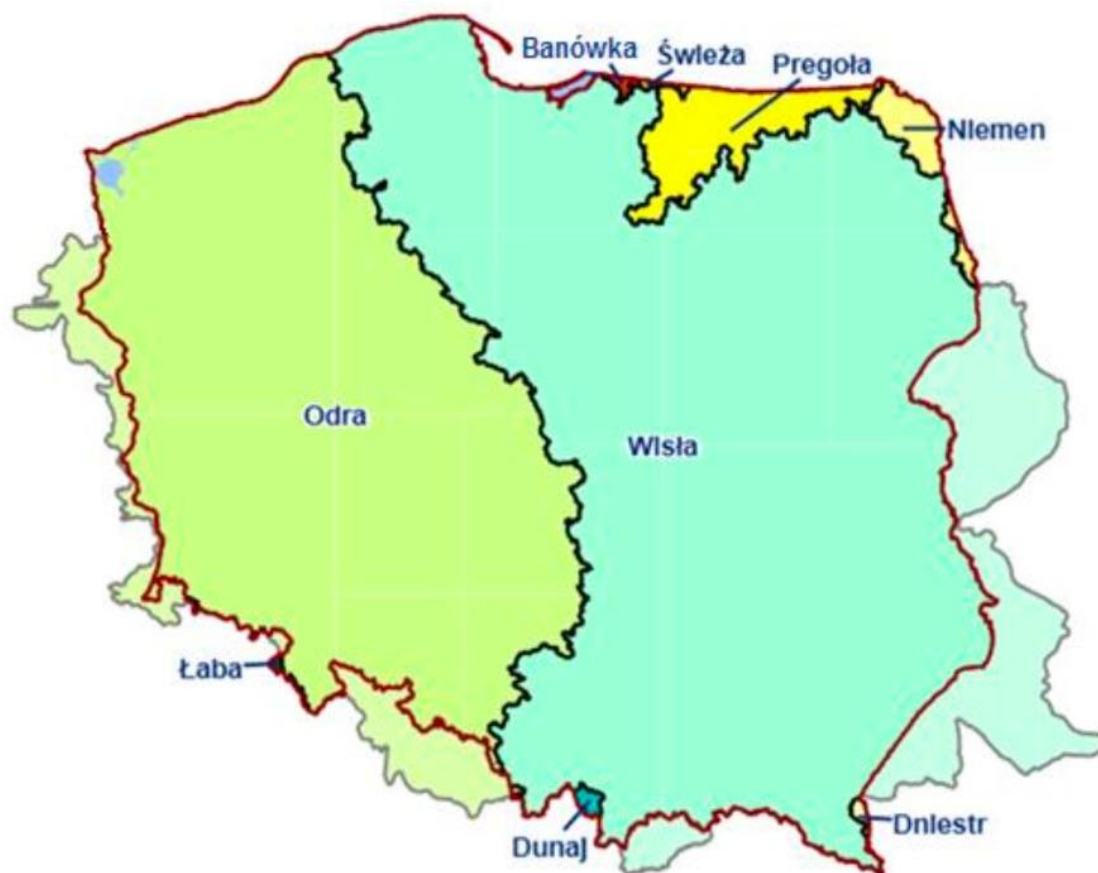


Рис. 4.1. Картохема гідрографічного районування території Польщі згідно з ВРД ЄС. Райони річкових басейнів: Вісла, Одра, Дністер, Дунай, Банувка, Лаба, Німан, Преголя, Прохолодна [33]

Для реалізації цієї стратегії у 2018 році було створено Державну установу «Води Польські» (Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie), яке об'єднало функції нагляду, інвестування та оперативного управління водними ресурсами (рис. 4.2). Така централізація повноважень зумовлена необхідністю оперативного реагування на загрози паводків та посух, а також забезпечення принципу

«водокористувач платить», що дозволяє акумулювати кошти для ревіталізації річкових систем [27, 29]. Головною метою стратегії до 2027 року є досягнення «доброго стану» всіх водних мас, що включає не лише хімічну чистоту води, а й відновлення природної морфології річок та забезпечення їхньої поздовжньої безперервності для міграції іхтіофауни.

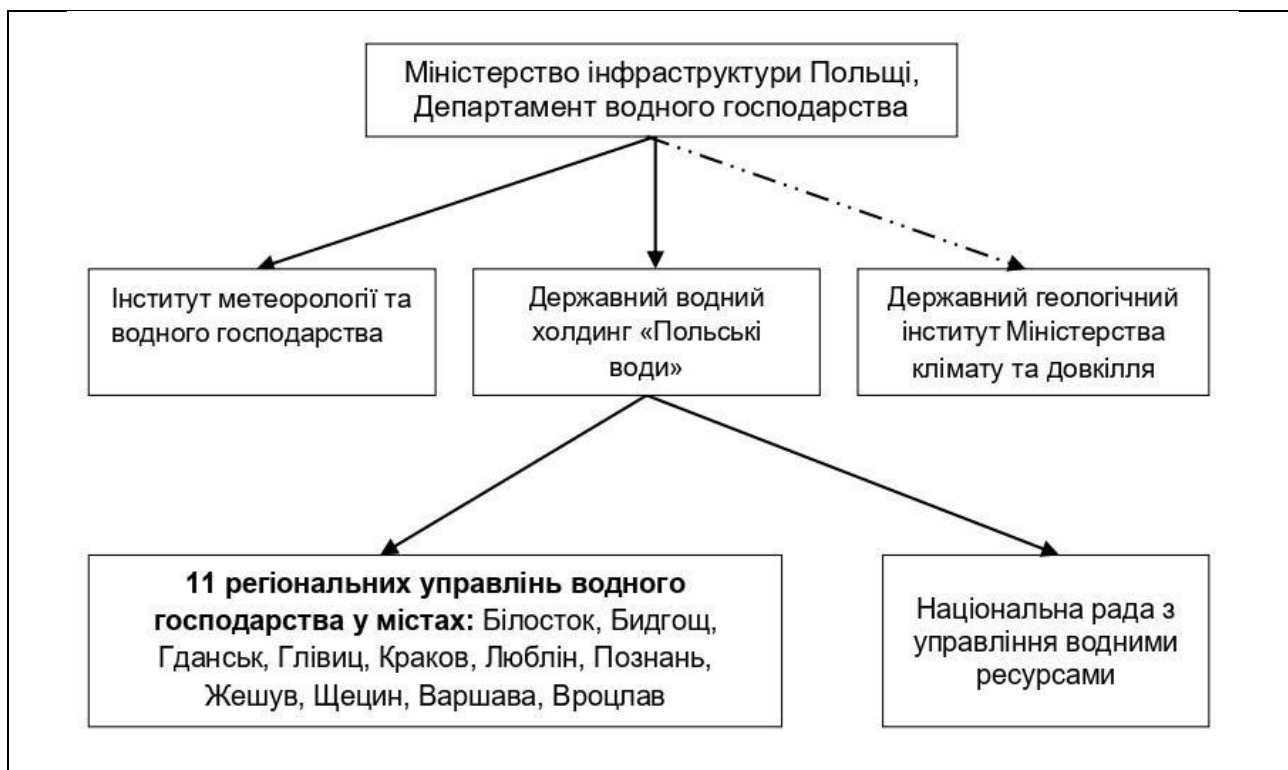


Рис. 4.2. Інституційна структура управління водними ресурсами Польщі, 2025 р. [1]

Транскордонне співробітництво та міжнародні зобов'язання. скільки понад 90% території Польщі розташовано в басейнах транскордонних річок, ефективність водного менеджменту обумовлена тісною співпрацею з суміжними державами. Співробітництво реалізується через систему міжнародних комісій та двосторонніх міжурядових угод.

- **Басейн річки Одри:** Співпраця з Німеччиною та Чехією здійснюється в межах Міжнародної комісії з охорони Одри від забруднення (MKOOpZ).

Стратегія фокусується на спільних діях щодо запобігання паводкам (проект «Одерський каскад») та моніторингу якості води, що набуло особливої актуальності після екологічної кризи 2022 року.

- **Басейн річки Вісли (Західний Буг та Сян):** Транскордонний аспект тут пов'язаний зі співпрацею з Україною та Білоруссю. Управління басейном Західного Бугу є складним завданням, оскільки ця річка формує частину зовнішнього кордону ЄС. Співробітництво визначається діяльністю Уповноважених урядів з питань водного господарства на прикордонних водах. Пріоритетом є зменшення біогенного навантаження, що надходить із верхів'їв Бугу та Сяну, для зниження темпів евтрофікації Вісли та Балтійського моря [17, 22].

Інтегроване управління в умовах кліматичної нестабільності. Нова стратегія управління водними ресурсами Польщі також включає Плани протидії наслідкам посухи (PPSS) та Плани управління ризиками паводків. Такий комплексний підхід зумовлений необхідністю адаптації економіки до кліматичних флуктуацій. Важливим елементом стратегії є розвиток так званої «малої ретенції» – відновлення природних боліт, заплавних лісів та будівництво невеликих ставків, що дозволяє утримувати воду безпосередньо в місці її випадіння, на відміну від великих гідротехнічних споруд, які часто порушують екологічну цілісність річок [24, 26].

Таким чином, інтегроване управління водними ресурсами Польщі трансформується від суто інженерного підходу до екосистемної моделі, де охорона природи та потреби економіки розглядаються як взаємозалежні компоненти єдиної гідрологічної системи.

Висновки до розділу 4

Сучасний гідрохімічний стан поверхневих і підземних вод визначається складною синергією точкового техногенного навантаження та дифузного

забруднення. Якщо промислові скиди створюють локальні зони гіперсолоності та забруднення важкими металами (особливо в басейні Одри), то дифузний агрохімічний пресинг генерує макрорегіональну загрозу. Масштабна евтрофікація озерних систем та річок обумовлена неконтрольованим зливом біогенних елементів (нітратів і фосфатів) із сільськогосподарських угідь, що також стимулює деградацію екосистем Балтійського моря.

Водний режим Польщі характеризується зростанням частоти та амплітуди екстремальних гідрологічних явищ. Територіальна вразливість до руйнівних зливових паводків зосереджена переважно в південних (гірських та передгірських) регіонах, тоді як центральні низовини потерпають від глибоких гідрогеологічних посух. Катастрофічні наслідки цих екстремумів зумовили зміну інженерної парадигми: перехід від виключного бетонування русел до розбудови систем раннього попередження (ISOK), створення сухих протипаводкових резервуарів та відновлення природних заплав.

Глобальні кліматичні зміни кардинально трансформують історичні фази водного режиму. Підвищення зимових температур та критичне скорочення снігозапасів призводять до зникнення класичного весняного водопілля, яке заміщується серією короточасних зимових дощових паводків. Натомість інтенсифікація літнього випаровування провокує поглиблення тривалої межені, пересихання малих водотоків та обміління озер, що позбавляє річки здатності до самоочищення.

Імплементация Водної рамкової директиви ЄС (2000/60/WE) стала фундаментальним етапом переходу країни до екосистемної моделі інтегрованого басейнового управління. Централізація повноважень у структурі державного холдингу «Води Польські» обумовлена необхідністю оперативного реагування на кліматичні виклики та забезпеченням фінансових механізмів для досягнення «доброго стану» всіх водних мас.

Зважаючи на те, що абсолютна більшість території Польщі розташована в межах міжнародних річкових басейнів, забезпечення її екологічної безпеки неможливе без ефективного транскордонного співробітництва. Спільний моніторинг якості вод та управління паводковими ризиками на Одрі (з Німеччиною і Чехією), а також контроль біогенного навантаження у басейнах Західного Бугу та Сяну (з Україною і Білоруссю) є критично важливими інструментами реалізації національної водної стратегії.

ВИСНОВКИ

У роботі здійснено комплексне фізико- та економіко-географічне дослідження гідрографічної мережі, а також проведено оцінку стану та використання водних ресурсів Республіки Польща в умовах сучасних кліматичних і антропогенних викликів. За результатами проведеного дослідження сформульовано такі підсумкові висновки:

1. Оцінка наявного водного фонду свідчить, що Польща характеризується структурною обмеженістю та високим ступенем просторово-часової нерівномірності. Країна належить до держав із найнижчим рівнем питомої водозабезпеченості в Європі, який становить близько 1,6 тис. м³/рік на одного мешканця.
2. Територіальний розподіл водних ресурсів визначається екстремальною асиметрією: головною зоною формування стоку є гірські та передгірські райони півдня (басейни верхньої Вісли та Одри), тоді як стабільність стоку на півночі підтримується природною можливістю поясу поозер'я.
3. Найбільш вразливою ланкою є центральні рівнинні макрорегіони Польщі (Великопольща, Куявія, Мазовія), які через розташування в «аеродинамічній тіні» гір та високе випаровування потерпають від перманентного водного дефіциту та прогресуючої гідрологічної «степовизації».
4. Галузева структура водоспоживання (із загальним обсягом водозбору на рівні 9,0-10,0 км³ на рік) виглядає наступним чином: промисловість та енергетика - 70 %; сільське господарство – 12 %; комунальне водопостачання – 18 %. У комунальному секторі спостерігається позитивна тенденція до зниження питомого водоспоживання (до 100-120 л/добу) та майже повного переходу міських агломерацій на використання надійно захищених підземних вод.
5. Екологічний стан водних об'єктів країни перебуває під критичним тиском складної синергії техногенного навантаження та просторового дифузного забруднення. Значною загрозою залишається дифузний агрохімічний пресинг –

неконтрольований змив нітратів і фосфатів із сільськогосподарських угідь. Це зумовлює прискорену евтрофікацію озерних систем, забруднення неглибоких ґрунтових вод.

6. Інституційна адаптація водної політики до сучасних викликів визначається імплементацією Водної рамкової директиви ЄС (2000/60/WE) та переходом від адміністративного до інтегрованого басейнового управління. Створення централізованого державного холдингу «Води Польські» дозволило оптимізувати управління ризиками паводків та посух. Стратегічним пріоритетом стає екосистемний підхід: відмова від тотального гідротехнічного регулювання (бетонування русел) на користь розвитку системи «малої ретенції», відновлення природної морфології річкових долин та збереження водно-болотних угідь, що діють як природні буфери.

7. Забезпечення національної гідрологічної безпеки нерозривно пов'язане з ефективністю транскордонного співробітництва, оскільки понад 90% території Польщі лежить у межах міжнародних річкових басейнів. Досвід функціонування спільних комісій на Одрі (з Німеччиною і Чехією) доводить необхідність консолідації зусиль для оперативного реагування на паводкові загрози та техногенні аварії. Водночас стратегічне управління басейнами Західного Бугу та Сяну вимагає поглиблення інтеграційних процесів з Україною, зокрема у сфері уніфікації систем моніторингу якості вод, модернізації очисних споруд та спільної протидії транзитному біогенному навантаженню.

8. Важливим елементом трансформації гідрографічної мережі країни є штучні водні об'єкти, які виконують роль регуляторів річкового стоку та інструментів кліматичної адаптації. Встановлено, що сучасна сумарна ємність водосховищ Польщі (близько 4 млрд м³) дозволяє акумулювати лише 6% середньорічного стоку, що обумовлює недостатній рівень гідрологічної безпеки. Водночас введення в експлуатацію сучасних об'єктів, таких як сухий резервуар Рацибуз Дольни на Одрі, зумовило якісне підвищення захисту урбанізованих

територій від паводків. Магістральні канали (Бидгощський, Вєпш-Кшна) залишаються критично важливими ланками для підтримки внутрішнього судноплавства та меліорації аграрних угідь у дефіцитних районах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хільчевський В. К. Водна політика та управління водними ресурсами в країнах світу: навч. посібник. Київ: ДІА, 2026. 344 с.
2. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р. Гідрографія та водні ресурси Польщі: стан, використання, управління. Географічний часопис Волинського національного університету. 2025. № 5. С. 57–67.
3. Choiński A. Katalog jezior Polski. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM, 2006. 348 s.
4. Wrzeński D. Reżim odpływu rzek w Polsce. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 2017. 250 s.
5. Kundzewicz Z. W. Zmiany klimatu a zasoby wodne Polski. *Nauka*. 2011. № 4. S. 47–58.
6. Kundzewicz Z. W. Powódzie w Polsce – przeszłość, teraźniejszość, przyszłość. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM, 2014. 320 s.
7. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2000 року про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики. *Офіційний вісник Європейських Співтовариств*. 2000. L 327/1.
8. FAO AQUASTAT Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/aquastat/> .
9. Cyberski J. Hydrologia Dolnej Wisły. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, 2014. 180 s.
10. Ptak M., Choiński A. Degradacja i zanikanie jezior w Polsce na tle zmian klimatycznych. *Badania Fizjograficzne*. 2011. Tom 62. S. 115-125.
11. Somorowska U. Wpływ suszy meteorologicznej na zasoby wód podziemnych w Polsce. *Gospodarka Wodna*. 2020. № 8. S. 12-18.
12. Maciejewski M., Ostojski M. S. (red.). System Informatyczny Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK). Warszawa: IMGW-PIB, 2014. 210 s.

13. Хільчевський В. К. Гідрографія та водні ресурси Європи: навч. посібник. Київ: ДІА, 2023. 308 с.
14. Хільчевський В. К. Особливості гідрографії Європи: річки, озера, водосховища. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2022. № 4(66). С. 6–16.
15. Szyprowska-Głodzik I. Największe rzeki w Polsce: najdłuższe i najgłębsze. *Wodne Sprawy*. URL: <https://wodnesprawy.pl/>
16. Khilchevskiy V. K., Grebin V. V., Zabokrytska M. R. Abiotic Typology of the Rivers and Lakes of the Ukrainian Section of the Vistula River Basin. *Hydrobiological Journal*. 2019. Vol. 55(3). P. 95-104.
17. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р., Плічко Л. В., Шевчук О. С. Хімічний склад води та йонний стік річок Західний Буг, Нарев та Вісла. *Географічний часопис ВНУ ім. Лесі Українки*. 2023. № 1(1). С. 45-55.
18. Wrześciński D., Sobkowiak L. Transformation of the Flow Regime of a Large Allochthonous River in Central Europe – An Example of the Vistula River. *Water*. 2020. Vol. 12(4). P. 1025.
19. Pociask-Karteczka J., Stefanek P. Zmiany reżimu rzek w Polsce pod wpływem zmian klimatycznych. *Prace Geograficzne*. 2018. Zeszyt 154. S. 85-102.
20. Cyberski J., Grześ M., Gutry-Korycka M., Nachlik E., Kundzewicz Z. W. History of floods on the River Vistula. *Hydrological Sciences Journal*. 2006. Vol. 51(5). P. 799-817.
21. Kowalczyk A., Witkowski A. Zanieczyszczenie wód powierzchniowych metalami ciężkimi na obszarze Górnego Śląska. *Ochrona Środowiska*. 2019. Vol. 41, № 2. S. 23–29.
22. Khilchevskiy V. K., Zabokrytska M. R., Plichko L. V. Chemical composition of water and ion runoff of the Western Bug, Narew and Vistula rivers. *EAGE*. 2021. P. 1-5.
23. Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły / Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej. Warszawa, 2022. URL: <https://www.wody.gov.pl/>

24. Zeleňáková M., Kubiak-Wójcicka K., Negm A. M. Management of Water Resources in Poland. Cham: Springer Water, 2021. 377 p.
25. Sługocki Ł., Czerniawski R. Water Quality of the Odra (Oder) River before and during the Ecological Disaster in 2022: A Warning to Water Management. *Sustainability*. 2023. Vol. 15(11). P. 8905.
26. Współczesne problemy gospodarki wodnej w kontekście zagospodarowania przestrzennego / pod red. T. Walczykiewicza. Warszawa: IMGW-PIB, 2020. 131 s.
27. Хільчевський В., Забокрицька М. Характеристика гідрографічних умов території Польщі. Мат-ли XXIII Міжнар. наук.-практ. конференції: Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання. 29-30 травня 2025 р. Львів: Нац. ун-т «Львівська політехніка». 2025. С. 24-27.
28. Główny Zbiornik Wód Podziemnych / Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PGI-PIB). URL: <https://www.pgi.gov.pl/>
29. Ochrona środowiska 2023: Rocznik Statystyczny / Główny Urząd Statystyczny (GUS). Warszawa, 2023. 245 s.
30. Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej za rok 2022 / IMGW-PIB. Warszawa, 2023. 50 s.
31. Szalińska E. Water Quality and Management Changes Over the History of Poland. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2018. Vol. 101. P. 5-10.
32. Zieliński M. Mikrozanieczyszczenia i farmaceutyki w ściekach komunalnych – nowe wyzwania dla gospodarki wodnej. *Gospodarka Wodna*. 2021. № 5. S. 20-25.
33. Ziemińska-Stolarska A. Analysis of The System of Management Plans and Water Resources. *LAP Lambert Academic Publishing*. 2015. 47 p.