

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра Геодезії та Картографія

На правах рукопису

УДК 528.92 + 0.049

«КАРТОГРАФУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД»

Галузь знань 10 - «Природничі науки»

Спеціальність 103 – «Науки про землю»

Освітня програма – «Картографія, ГІС та ДЗЗ»

Кваліфікаційна робота бакалавра
Студента 4-го курсу
Освітнього рівня бакалавр
Островського Дмитра Сергійовича

Науковий керівник:
Курач Тамара Миколаївна
Кандидатка географічних наук, доцентка кафедри
Геодезії та Картографії

Допущено до захисту:
Протокол засідання кафедри № ____ від « ____ » _____ 2025 року

Завідувач кафедри

проф. Даценко Л.М.

Київ – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ	
ПОВЕРХНЕВИХ ВОД	6
1.1. Основні показники якості води (хімічні, фізичні, біологічні).....	6
1.2. Екологічні норми і стандарти якості поверхневих вод.....	13
1.3. Вплив антропогенних факторів на якість води.....	15
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ЗБОРУ І АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ	
КАРТОГРАФУВАННЯ ЯКОСТІ ВОД	23
2.1. Джерела даних для аналізу якості поверхневих вод.....	23
2.2. Використання дистанційного зондування та ГІС у моніторингу вод....	28
2.3. Польові методи аналізу та їхні переваги.....	33
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ КАРТ ЯКОСТІ	
ПОВЕРХНЕВИХ ВОД	36
3.1. Обробка даних та інтерполяція показників якості води.....	36
3.2. Використання ArcGIS online для візуалізації якості вод.....	39
3.3. Створення та класифікація карт за рівнями забруднення	42
3.4. Рекомендації щодо ефективного моніторингу якості вод.....	44
ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ДОДАТКИ.....	51

ВСТУП

Україна має низький рівень водозабезпечення та посідає одне з останніх місць серед країн Європи, проте за рівнем водоємкості валового продукту значно випереджає їх, а також її водні ресурси інтенсивніше використовуються і забруднюються.

У процесі вивчення сучасних екологічних проблем особливу увагу привертає стан водних ресурсів, зокрема поверхневих вод, які є ключовими для життєдіяльності людини та функціонування природних екосистем. Водойми піддаються постійному антропогенному навантаженню, що зумовлює необхідність їхнього детального дослідження та ефективного моніторингу.

У своїй кваліфікаційній роботі я зосереджую увагу на темі картографування якості поверхневих вод, оскільки вважаю, що саме поєднання екологічного аналізу з просторовою візуалізацією даних дозволяє глибше зрозуміти масштаби проблеми та сприяти прийняттю зважених управлінських рішень. Такий підхід також демонструє можливості сучасних геоінформаційних технологій у вивченні навколишнього середовища.

Сучасна екологічна загроза все більше торкається не тільки окремої людини, а й всієї спільноти. Із втіленням своїх постійних бажань людина не помічає суттєвого: своїми впевненими діями та кроками, вона порушує природний устрій, що так довго та безперервно «втілювався в життя». Із початком постійного антропогенного втручання людей, екологічний стан природного устрою, зокрема, водних ресурсів значно погіршився, тим паче, що саме із недосвідченістю, непрофесіоналізмом людей, зайнятих питаннями захисту навколишнього середовища, природа змінюється.

Актуальність теми. Якість поверхневих вод один із ключових показників стану навколишнього природного середовища. Вона визначає можливість використання води для питного водопостачання, рекреаційних потреб, сільського господарства, промисловості, а також загальне функціонування екосистем. На жаль, унаслідок активної господарської діяльності, скидів забруднювальних речовин, зменшення самовідновної

здатності водойм та кліматичних змін спостерігається поступове погіршення якісного стану річок, озер та інших водних об'єктів. Особливо критичною є ситуація в густонаселених та промислово розвинених регіонах, де вплив антропогенних чинників найбільш інтенсивний.

Ефективне управління водними ресурсами неможливе без детального моніторингу їхнього стану. У цьому контексті особливу роль відіграє картографування якості поверхневих вод, яке дозволяє наочно відображати просторову диференціацію показників забруднення, виявляти осередки екологічної небезпеки та здійснювати комплексну оцінку стану водних об'єктів. Враховуючи стрімкий розвиток геоінформаційних технологій, відбувається трансформація підходів до збору, обробки та візуалізації просторових даних про якість вод, що підвищує інформативність і практичну цінність таких досліджень.

Таким чином, обрана тема є своєчасною, практично значущою та науково перспективною.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз якості поверхневих вод на обраній території з використанням методів картографування та геоінформаційних технологій.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **завдання**:

- 1) проаналізувати сучасний стан поверхневих вод в Україні;
- 2) охарактеризувати основні джерела забруднення водних об'єктів;
- 3) зібрати та опрацювати дані щодо якості води;
- 4) створити картографічний продукт, що відображає стан поверхневих вод за окремими показниками;
- 5) здійснити просторовий аналіз результатів картографування;
- 6) сформулювати висновки щодо рівня екологічної безпеки водних об'єктів та надати пропозиції щодо поліпшення їхнього стану.

Об'єктом дослідження є поверхневі води України.

Предметом дослідження є засоби й методи аналізу якості поверхневих вод із відображенням результату за допомогою картографічних і геоінформаційних методів.

У роботі застосовано комплекс **методів дослідження**, серед яких:

- 1) **геоінформаційний аналіз (ГІС-аналіз)** - для обробки просторових даних і візуалізації результатів;
- 2) **статистичний метод** - для обробки даних моніторингу, розрахунків середніх, граничних і гранично допустимих значень;
- 3) **порівняльно-географічний метод** - для порівняння показників у межах різних ділянок території;
- 4) **аналітичний метод** - для інтерпретації результатів та формулювання висновків.

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

1.1. Основні показники якості води (хімічні, фізичні, біологічні)

Фізичні показники є першими й найпростішими у виявленні параметрами, які характеризують якість води. Вони не тільки впливають на комфортність використання води для побутових чи господарських потреб, але й прямо або опосередковано визначають хімічний та біологічний стан водних об'єктів. Фізичні характеристики часто свідчать про присутність певних видів забруднення або аномалій у водному середовищі.

Фізичні властивості води визначаються органолептичними показниками, такими, як смак та присмак, забарвленість, запах і каламутність питної води, що сприймаються органами чуття. Відповідно до стандартів якості питної води України кожен органолептичний показник не має перевищувати встановлену граничну цифру у балах, градусах чи нефелометричних одиницях каламутності (НОК).

Температура є одним із базових фізичних параметрів, який впливає на:

- 1) розчинність газів (особливо кисню);
- 2) інтенсивність хімічних реакцій у воді;
- 3) швидкість біохімічних процесів;
- 4) життєдіяльність гідробіонтів (водних організмів);
- 5) розвиток фітопланктону (водоростей).

Оптимальна температура для існування більшості водних організмів коливається в межах $+10...+25$ °C. Перегрів води (наприклад, внаслідок скидних вод промислових об'єктів) може призвести до зниження вмісту кисню, масової загибелі риби, змін у складі біоценозів.

Температурні показники також слугують індикатором теплового забруднення, яке часто не менш небезпечне за хімічне.

Колір природних вод зазвичай зумовлений наявністю органічних речовин, зокрема гумінових кислот, які потрапляють до водойм у результаті

розкладу рослинної речовини. Вода може набувати жовтуватого, бурого, зеленуватого або навіть сіруватого відтінку.

Значні зміни **кольору** часто сигналізують про забруднення:

1. Зелений - активне "цвітіння" води через надлишок фосфатів і нітратів.
2. Коричневий або бурий - потрапляння гумінів, торфу, заліза.
3. Сірий/чорний - гниття органіки, дефіцит кисню, присутність сірководню.
4. Різде забарвлення (фіолетове, синє, рожеве) - ознака техногенного забруднення (барвники, хімікати).

Визначення кольору зазвичай проводиться в умовних одиницях відносно стандартних розчинів.

Наявність запаху свідчить про розчинені гази або мікроорганізми. Запах оцінюють органолептично (на нюх), у балах.

Основні типи **запахів**:

1. Гнильний, болотний — розкладання органіки, дефіцит кисню.
2. Сірководневий — анаеробне середовище, застій води.
3. Нафтовий — потрапляння нафтопродуктів.
4. Хімічний (фенольний, хлорний) — промислові забруднення.
5. Землистий — активне цвітіння води.

За санітарними нормами, вода не повинна мати запаху при температурі +20 °С.

Прозорість води залежить від вмісту зважених часток — глини, мулу, піску, органічного детриту, мікроорганізмів. У природі прозорість варіюється залежно від сезону, опадів, ерозійних процесів.

Оцінюють **прозорість** за допомогою:

- 1) диска Секкі (білий диск опускається у воду до зникнення з поля зору);
- 2) каламутності (визначається фотометрично, одиниці — мг/дм³).

Зниження прозорості може свідчити про ерозію ґрунтів і змиття у водойму, викиди промислових або побутових стічних вод, масовий розвиток

планктону (евтрофікація), погіршення умов для фотосинтезу в нижніх шарах води.

Електропровідність показує, скільки розчинених солей (катіонів і аніонів) міститься у воді. Вимірюється в мікросіменсах на сантиметр ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Нормальні значення для прісної води — до 500–1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Підвищена **електропровідність** вказує на:

- 1) надлишок солей кальцію, магнію, натрію, хлоридів, сульфатів;
- 2) стічне навантаження (особливо сільськогосподарське або промислове);
- 3) засолення води внаслідок порушення гідрологічного режиму або втрати стоку.

Зниження електропровідності може бути ознакою опадової води, але у водоймах це зустрічається рідко.

Інші фізичні характеристики (додаткові)

1. Питома вага (густина) - залежить від мінералізації, температури.
2. Поверхнєве натягнення - впливає на поведінку води, частково — на життєдіяльність організмів.
3. Світлопроникність - впливає на фотосинтетичні процеси.

Хімічні властивості включають в себе концентрації шкідливих речовин в цілому і важких металів зокрема, сліди органічних сполук, загальну мінералізацію води. Хімічні параметри стосуються ризику шкоди здоров'ю людини через накопичення в організмі важких металів та інших сполук: переважна більшість шкідливих речовин при перевищенні гранично допустимих концентрацій чинить негативний вплив на життя та здоров'я людини

Хімічний склад поверхневих вод є ключовим індикатором їх екологічного стану. Саме хімічні показники найповніше відображають ступінь забруднення водойм, джерела впливу, тривалість навантаження, а також потенційні ризики для здоров'я людини й функціонування водних екосистем. Ці показники характеризують вміст мінеральних, органічних, токсичних і біогенних речовин, які можуть бути як природного, так і антропогенного походження.

Формування хімічного складу води зумовлюється геохімічними умовами басейну, особливостями клімату, сезонними процесами, ґрунтово-рослинним покривом, але найбільшою мірою - впливом господарської діяльності людини. Зокрема, забруднення сільськогосподарськими стоками, скиди промислових підприємств, неочищені побутові води є головними чинниками порушення хімічного балансу у водоймах.

Одним із головних хімічних параметрів є рівень розчиненого у воді кисню. Він життєво необхідний для існування водних організмів, а також для самоочищення водойм через процеси окиснення органічних домішок. Якщо вміст кисню знижується нижче допустимого рівня (наприклад, через надлишок біогенних речовин, які викликають «цвітіння» води), починаються анаеробні процеси, що призводять до накопичення амонію, сірководню, метану та інших токсичних сполук.

Важливе значення має також вміст основних іонів - таких як кальцій, магній, натрій, хлориди, сульфати, гідрокарбонати. Їх присутність у помірних концентраціях формує природну мінералізацію води, але при підвищеному вмісті вони можуть вказувати на забруднення техногенного походження. Наприклад, надлишок сульфатів може бути результатом скидів хімічних підприємств, а хлориди часто свідчать про домішки з побутових або сільськогосподарських стічних вод.

Серед найбільш проблемних хімічних компонентів є **азотовмісні речовини**, які виступають основними біогенними елементами. До них належать амонійний азот, нітрити, нітрати - продукти мінералізації органіки. Високі концентрації амонію зазвичай є ознакою свіжого органічного забруднення, тоді як нітрати - результатом окиснення азоту при довготривалому навантаженні. Надмірна кількість цих сполук викликає евтрофікацію - процес надмірного збагачення водойми біогенами, що призводить до масового розвитку водоростей, зниження прозорості, дефіциту кисню та, зрештою, деградації екосистеми.

Також особливої уваги заслуговують **органічні речовини**, зокрема ті, що вимірюються за показниками біохімічного (БПК) та хімічного споживання кисню (ХСК). Ці параметри дозволяють оцінити загальний рівень органічного забруднення - як природного, так і штучного походження. Зростання БПК та ХСК вказує на інтенсивні процеси розпаду органіки у воді, що може бути наслідком скидів стічних вод або гниття водної рослинності. Це часто супроводжується неприємним запахом, зниженням вмісту розчиненого кисню і порушенням біологічного балансу.

Окрему групу хімічних показників становлять **токсичні речовини** - важкі метали (свинець, кадмій, ртуть, мідь, цинк), феноли, нафтопродукти, пестициди, поверхнево-активні речовини тощо. Навіть у мікроконцентраціях ці речовини мають високу біоаккумулятивну здатність і можуть завдавати непоправної шкоди не лише екосистемам, а й здоров'ю людини через ланцюги живлення. Важкі метали осідають у донних відкладеннях і можуть знову потрапляти у воду за певних гідрологічних умов, що робить їх забруднення тривалим і важко контрольованим. Наявність пестицидів та агрохімікатів часто пов'язана із сільськогосподарським водозбором, особливо після періодів дощів.

Зміна **кислотно-лужного балансу (рН)** є ще одним важливим індикатором хімічного стану вод. Нормальний діапазон для поверхневих вод становить 6,5–8,5. Відхилення у той чи інший бік може бути спричинене кислотними дощами, промисловими скидами або біохімічними процесами. Зниження рН (кисла реакція) шкодить багатьом видам риб і може сприяти розчиненню токсичних металів. Підвищення рН, навпаки, часто сигналізує про надмірний розвиток фітопланктону або вплив лужних відходів.

Узагальнюючи, можна сказати, що хімічні показники є найбільш інформативними для оцінки антропогенного навантаження на водойму. Їх аналіз дозволяє не лише виявити факт забруднення, але й визначити його джерело, тип та потенційні наслідки. Саме тому систематичний моніторинг хімічного складу води є обов'язковим компонентом екологічного управління та основою для прийняття управлінських рішень щодо охорони водних ресурсів.

Біологічні методи оцінки якості води та ґрунтів поділяються на бактеріологічні та біологічні.

Бактеріологічні дослідження, з санітарно-гігієнічної точки зору, ведуться в двох напрямках: визначення числа мікроорганізмів в одиниці об'єму (зазвичай в 1 мл води або в 1 г ґрунту) для встановлення чистоти води і визначення їх родів і видів для виявлення її зараженості патогенними мікроорганізмами в цілях запобігання епідеміям.

З рибогосподарських позицій представляє більший інтерес виявлення НЕ патогенних мікроорганізмів, а мікроорганізмів, що руйнують надходять у водойми забруднення і беруть участь в круговороті речовин (азоту, вуглецю, фосфору, сірки). Склад і кількість мікрофлори в воді (ґрунтах) водойм є показником її якості. Мікрофлора може бути автохтонної, тобто властивою даному водойми, і Алохтонні, що надійшла ззовні, наприклад, зі стічними водами та іншими забрудненнями.

Біологічні показники - це ключова складова комплексної оцінки якості поверхневих вод, яка відображає не лише наявність забруднюючих речовин, але й **реакцію живих організмів на ці впливи**. На відміну від фізичних і хімічних характеристик, біологічні показники дозволяють оцінити **довготривалий екологічний ефект**, ступінь порушення екосистемної рівноваги, здатність водойми до саморегуляції, а також ризику для здоров'я людини.

Основу біологічної оцінки становить аналіз **гідробіонтів** - живих організмів, які населяють водойму: фітопланктону, зоопланктону, бентосу, макрофітів і риб. Ці біоіндикатори реагують на зміну якості середовища, і зміни у їх чисельності, ви́до-складі або фізіологічному стані можуть свідчити про погіршення умов життя у водоймі ще до того, як це стане очевидним за хімічними показниками.

Одним із базових біологічних критеріїв є **мікробіологічні показники**, тобто наявність та концентрація патогенних мікроорганізмів у воді. Найчастіше оцінюється вміст бактерій групи кишкової палички (колі-форми), які свідчать про фекальне забруднення - зокрема, стоки каналізації, тваринницькі ферми,

витік септиків. Крім того, виявляються сальмонели, ентерококи, клостридії - їх присутність означає ризик виникнення інфекційних захворювань (гепатит А, дизентерія, холера тощо). Саме тому мікробіологічні аналізи є обов'язковими при контролі води для рекреаційного використання, водопостачання та господарських потреб.

Оцінка фітопланктону та зоопланктону дає змогу виявити процеси **евтрофікації**, тобто надмірного збагачення водойми біогенами. При цьому зростає чисельність зелених водоростей, діатомей, синьо-зелених водоростей (ціанобактерій), які активно розмножуються в умовах високої концентрації фосфатів і нітратів. Цвітіння води не тільки погіршує її прозорість і естетичні властивості, а й призводить до виділення токсинів, зниження вмісту кисню, масової загибелі риби та інших мешканців водойми. Зокрема, деякі види синьо-зелених водоростей утворюють мікроцистіни - токсичні сполуки, здатні викликати ураження печінки, шкіри, а при тривалому впливі - канцерогенні ефекти.

Також важливою складовою біологічного моніторингу є вивчення **макрозообентосу** - організмів, які живуть на дні водойм (черв'яки, молюски, личинки комах тощо). Їх чутливість до кисневого режиму, органічного забруднення і токсичних речовин дозволяє точно і стабільно оцінити стан водойми. Наприклад, переважання у складі бентосу личинок комарів-хіронимід або олігохет часто свідчить про значне забруднення, тоді як наявність молюсків, ракоподібних або личинок бабок характерна для чистих чи умовно чистих вод.

Високу інформативність мають також **біотичні індекси** - узагальнені оцінки на основі складу біоценозу, такі як індекс Шеннона, індекс сапробності, індекс Тритрі, ЕРТ-індекс тощо. Вони дозволяють вивести числову оцінку, яка враховує як видовий склад організмів, так і їхню чисельність, толерантність до забруднень, репродуктивну здатність. Наприклад, **сапробність** - це рівень органічного забруднення води, що класифікується за зонами: олігосапробна (чиста), мезосапробна (помірно забруднена), полісапробна (високо забруднена).

Особливо небезпечним є зниження біорізноманіття у водоймах - цей процес називається **біологічною деградацією**. Він супроводжується витісненням чутливих до забруднення видів, заміщенням їх більш стійкими формами, втратою функціональних ланок у харчових мережах. Це може призводити до порушення всього гідроекологічного балансу, включно з погіршенням здатності водойми до самоочищення.

У практиці екологічного контролю біологічні показники набувають все більшого значення, адже вони не тільки відображають **факт** забруднення, а й дозволяють оцінити **реальні наслідки** для водної екосистеми. З цієї причини Європейська Рамкова водна директива (EU Water Framework Directive) вимагає обов'язкового включення біоіндикаторів до стандартних процедур оцінки стану водних об'єктів. Аналогічний підхід реалізується і в Україні, зокрема через запровадження інтегрованого моніторингу вод, згідно з сучасними міжнародними принципами.

1.2. Екологічні норми і стандарти якості поверхневих вод

У контексті дослідження якості поверхневих вод надзвичайно важливим є розуміння нормативно-правової бази. Екологічні норми та стандарти якості поверхневих вод є основою для регулювання антропогенного навантаження на водні ресурси, охорони здоров'я населення, забезпечення сталого водокористування, а також збереження біологічного різноманіття водних екосистем. Вони встановлюють допустимі рівні концентрацій речовин і показників, які можуть перебувати у воді без негативного впливу на людей, тварин, рослинність і довкілля в цілому. Це встановлені на національному або міжнародному рівні критерії, що дозволяють дозволяють об'єктивно оцінити стан водного середовища, порівнювати дані спостережень, а також виявляти просторові закономірності й відхилення від нормативів.

Стандарти якості поверхневих вод – це рекомендації, встановлені регуляторними органами для захисту якості поверхневих водних об'єктів для їх цільового використання. Стандарти визначають допустимі рівні різних

фізичних, хімічних та біологічних параметрів у поверхневих водах, таких як розчинений кисень, рН, каламутність, бактерії та токсичні забруднювачі.

Стандарти якості води використовуються для захисту поверхневих вод. Стандарти складаються з трьох частин: **цільові види використання**, такі як риболовля або плавання; **числові або описові критерії** для захисту цільових видів використання; та **політика запобігання деградації води**, яка підтримує існуючу високу якість води, що перевищує критерії. Критерії встановлюються законом та адміністративними правилами.

Стандарти розроблені для забезпечення безпеки поверхневих вод для пиття, відпочинку та інших цільових видів використання. Вони базуються на наукових дослідженнях та оцінках ризиків, які оцінюють вплив різних забруднювачів на здоров'я людини та навколишнє середовище. Стандарти забезпечуються за допомогою різних механізмів, таких як дозволи, нормативні акти та програми моніторингу, щоб забезпечити підтримку якості поверхневих вод на прийнятному рівні.

У системі екологічного моніторингу поверхневих вод **норми якості** виконують роль критеріїв: саме з їх допомогою визначають, чи є вода чистою, умовно придатною або забрудненою.

Екологічні норми – це система кількісних і якісних показників, що визначають допустимий рівень впливу на водне середовище. Екологічні норми включають в себе:

1. Гранично допустимі концентрації – максимально допустимий вміст певної речовини у воді.
2. Граничні значення фізичних, хімічних та біологічних показників.
3. Класифікації екологічного стану водойм.
4. Інтегральні індекси якості води.

Нормативи розробляються з урахуванням цільового призначення води: для питного водопостачання, рекреації, рибного господарства, технічного використання тощо. Таким чином, одна й та сама водойма може вважатися придатною або непридатною залежно від мети її використання.

Основними документами, які регулюють питання якості води в Україні, є Водний кодекс України, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», державні санітарні правила та норми, наказами Міністерства Охорони Здоров'я, а також Європейська Рамкова водна директива, до принципів якої Україна адаптує національне законодавство.

Особливу роль відіграє Директива ЄС, яка передбачає не тільки оцінку хімічного складу води, але й інтегральну оцінку екологічного стану водойм: враховуються також біологічні параметри, гідроморфологічні характеристики, структура водної екосистеми.

Просторовий аналіз відповідності фактичного стану вод певним нормам прямо впливає на картографування якості поверхневих вод. Наприклад, при наявності ГДК для нітратів або фосфатів можна визначити ділянки, де вода безпечна для купання або споживання, а де - ні. Якщо норматив порушується, на карті це можна позначити умовним символом або кольором

1.3. Вплив антропогенних факторів на якість води

Екологічно руйнівні моделі розвитку в багатьох країнах світу призвели до деградації водних ресурсів, що відбивається на обсязі наявних водних ресурсів та якості води. Тому виникає необхідність забезпечення оптимального використання вод, захисту ресурсів прісної води.

Україна належить до малозабезпечених країн за запасами води, що доступні до використання. До того ж довготривалі наслідки втручання людей у екосистеми призвели до суттєвих якісних та кількісних їх змін та антропогенного навантаження.

Основні джерела прісної води на території України - стоки річок Дніпра, Дністра, Південного Бугу, Сіверського Дінця, Дунаю з притоками, а також малих річок північного узбережжя Чорного та Азовського морів.

Порушення норм якості води досягло рівнів, які ведуть до деградації водних екосистем, зниження продуктивності водойм. Значна частина населення

України використовує для своїх життєвих потреб недоброякісну воду, що загрожує здоров'ю нації.

Основними причинами забруднення поверхневих вод України є: скид неочищених та не досить очищених комунально-побутових і промислових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти та через систему міської каналізації; надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин у процесі поверхневого стоку води з забудованих територій та сільгоспугідь; ерозія ґрунтів на водозабірній площі.

Якісний стан підземних вод внаслідок господарської діяльності також постійно погіршується. Це пов'язано з існуванням на території України близько 3 тис. фільтруючих накопичувачів стічних вод, а також з широким використанням мінеральних добрив та пестицидів.

Найбільш незадовільний якісний стан підземних вод у Донбасі та Кривбасі. Значну небезпеку в експлуатаційних свердловинах Західної України становить наявність фенолів (до 5 - 10 гранично допустимих концентрацій - далі ГДК), а також підвищення мінералізації та зростання вмісту важких металів у підземних водах Криму.

Водні ресурси є значними завдяки культурним, соціальним та економічним перевагам, які вони надають суспільству, оскільки вода є вирішальною підтримкою біорізноманіття екосистем. Якість води має великий вплив на здоров'я та як наслідок на життя.

Надмірне використання води, зміна клімату та забруднення є факторами, що становлять загрозу для природних ресурсів. Забруднення неорганічними сполуками (важкі метали, азот), органічними сполуками (пестициди, добрива, фармацевтичні препарати) та патогенами вважається загрозою для всіх екосистем.

Діяльність людини є поширеними причинами проблем з якістю води, і в цьому відношенні найважливішими видами діяльності є сільське господарство, промисловість, звалища, стічні та каналізаційні води та все що може призвести до підвищеної забрудненості.

Антропогенні джерела поділяються на два типи:

1. **Точкові** - місце скиду забруднюючих речовин чітко визначене. (фабрики, звалища, шахти, трубопроводи, очисні споруди).
2. **Розсіянні** – вплив яких розподіляється по великій площі та не має чітко визначеного місця викиду. (сільське господарство, лісозаготівля, атмосферні забруднення)



Рис. 1.1. Обробка полів пестицидами - потенційне джерело забруднення водних об'єктів [<https://www.growhow.in.ua/obrobka-poliv-pestytsydamy-pravylyaiakykh-slid-dotrymuvatysia/>]

Сільське господарство є однією з найпотужніших галузей, що забезпечує продовольчу безпеку людства, але водночас воно виступає головним фактором деградації якості поверхневих і підземних вод. У світовому контексті, і зокрема в Україні, аграрна діяльність охоплює великі площі, активно впливає на гідрологічні цикли, змінює фізико-хімічний склад вод і спричиняє масштабне забруднення річок, озер та водосховищ.

З великим відривом **сільське господарство** становить найбільшу загрозу для якості води. Сільське господарство є скрізь, і воно займає більше землі, ніж усі види забруднень разом узяті. Близько 70% території це сільськогосподарські угіддя.

Основні шляхи забруднення вод в агросекторі:

1. **Поверхневий змив з полів.** Один з наймасовіших механізмів забруднення – це змив дощовими або талими водами залишків агрохімікатів, добрив, гербіцидів та пестицидів. Такі речовини містять високі концентрації нітратів, фосфатів, амонію, що потрапляють у водойми і порушують їх екологічну рівновагу.

2. **Евтрофікація водних об'єктів.** Надмірне надходження фосфору і азоту викликає евтрофікацію – явище, при якому відбувається активне розмноження водоростей, зниження рівня кисню у воді та масова загибель водної фауни. Це особливо актуально для стоячих вод – озер і водосховищ, зокрема в басейнах Дніпра та Південного Бугу.

3. **Потрапляння гною та органічних решток.** У місцях інтенсивного тваринництва можливе потрапляння до водойм гною, сечі, залишків кормів, що призводить до мікробіологічного забруднення. У воду потрапляють збудники захворювань, зокрема кишкова паличка, сальмонели, а також аміак, який пригнічує водну флору.

4. **Втрата природного дренажу та меліорація.** Меліоративні заходи, спрямовані на осушення територій, змінюють природний баланс водообміну. Це порушує фільтрацію ґрунтових вод, зменшує самоочисну здатність екосистем і підвищує вміст завислих речовин та важких металів у річках.

5. **Використання хімічних засобів захисту рослин.** Багато фермерських господарств нехтують нормами внесення ЗЗР (засобів захисту рослин), що призводить до накопичення токсичних компонентів у воді.

Таблиця 1.1. Основні джерела сільськогосподарського забруднення

Тип забруднювача	Джерело	Вплив на якість води	Екологічні наслідки
Нітрати	Мінеральні добрива, органічні добрива	Підвищення мінералізації.	Евтрофікація, деградація екосистем.
Фосфати	Фосфорні добрива.	Стимулюють розвиток водоростей, зменшення прозорості	Масове «цвітіння води»
Пестициди	ЗЗР, оприскування	Хімічне отруєння води	Біоаккумуляція, загибель

	полів		гідробіонтів
Органічні речовини	Гній, залишки кормів	Гниття	Анеоксія, неприємні запахи
Патогенні мікроорганізми	Свиноферми, птахоферми	Мікробіологічне забруднення	Поширення хвороб, забруднення питної води
Завислі речовини	Ерозія ґрунтів, механічний змив	Зменшення прозорості, замулення водойм	Порушення фотосинтезу

Сучасне сільське господарство сильно залежить від використання хімікатів, та значна частина застосованих хімікатів стікає з поверхні в струмки та озера (так як часто поля знаходяться впритул до водойм) або просочується у водоносні горизонти.

Сезонність забруднення

Сільськогосподарське забруднення має виражену сезонну динаміку:

1. Весна. Змив залишків добрив після сніготанення та перші агротехнічні операції;
2. Літо. Активне використання пестицидів, можливі періоди «цвітіння» води;
3. Осінь. Підготовка ґрунту до зими, оранка, добирва – також загострюють забруднення.

Не менш актуальною є проблема потрапляння нітратів у ґрунтові води, які згодом потрапляють у річки або використовуються як питна вода. Згідно з моніторингом МОЗ, у багатьох селах вміст нітратів у колодязях перевищує допустиму норму у 1,5-3 рази.

Наступним потужним антропогенним фактором забруднення є **промислове виробництво**. Негативно впливає на стан поверхневих вод, йдеться як про прямі скиди стічних вод, так і про вторинні ефекти, пов'язані з накопиченням токсичних речовин у ґрунтах, атмосфері, а звідти у водоймах. В Україні ця проблема є особливо гострою через наявність багатьох індустриальних регіонів.

Характер впливу промислового виробництва на воду є різним:

1. Токсичні хімічні речовини. У водне середовище потрапляють важкі метали, хлороорганічні сполуки, нафтопродукти, феноли, формальдегіди, ціаніди та інші токсиканти. Ці речовини мають високу біоаккумулятивну здатність, тобто накопичуються в живих організмах і переходять по трофічному ланцюгу аж до людини.

2. Зміна фізичних властивостей води. Скидання нагрітих стічних вод з ТЕС (Тепло Електро Станції) і промислових установок веде до термічного забруднення. Такі скидання спричиняють зміну температурного режиму водойм, порушення процесів фотосинтезу, зниження розчиненого кисню у воді.

3. Зменшення прозорості, зміна кольору та запаху води. Унаслідок наявності суспензій, домішок металів і фарбувальних речовин у воді погіршуються її естетичні та гігієнічні властивості, що обмежує використання води в рекреаційних, побутових, рибогосподарських цілях.

4. Засолення та зміна мінералізації. Скидання розчинених солей із хімічних виробництв змінює іонний склад води, що шкідливо для прісноводної біоти.

Таблиця 1.2. Основні джерела промислового забруднення

Галузь промисловості	Основні забруднювачі	Особливості впливу
Металургія	Важкі метали, кислотні стоки	Ацидофільні стоки, порушення рН
Хімічна промисловість	Органічні токсиканти, азотисті сполуки	Токсичність, мутагенність
Енергетика (ТЕС)	Нагріта вода, нафтопродукти	Термічне забруднення
Машинобудування	Оливи, розчинники, миючі засоби	Погіршення прозорості, емульсії
Нафтопереробна	Бензол, фенол, хлорорганіка	Стійкі органічні речовини

Окрім сільського господарства та промисловості, які традиційно вважаються основними джерелами антропогенного навантаження на водні ресурси, існує цілий комплекс інших чинників, які часто мають не менш

відчутний вплив на якість поверхневих вод. Ці впливи нерідко діють непомітно або накопичуються поступово, однак у сукупності вони здатні суттєво змінити хімічний, біологічний і гідрологічний стан водойм.

Одним із таких чинників є **міське стічне водовідведення**, що включає дощові й побутові стоки. У великих містах вода, яка стікає з дахів, доріг, тротуарів та інших міських поверхонь, змиває в каналізацію залишки нафтопродуктів, важких металів, сміття, а також побутову хімію. Часто така вода не проходить повного очищення або скидається у водойми під час сильних дощів через перевантаження каналізаційних систем. Це призводить до евтрофікації, погіршення умов для водних організмів і виникнення зон з низьким вмістом кисню.

Значною проблемою є **недостатньо ефективне очищення побутових і комунальних стоків**. У багатьох населених пунктах України очисні споруди працюють за застарілими технологіями або взагалі відсутні. У результаті стічні води, багаті на органічні речовини, фосфати, амоній та патогенні мікроорганізми, потрапляють у річки та озера. Це не тільки змінює біохімічний склад води, а й становить небезпеку для здоров'я населення, особливо там, де вода використовується для питного водопостачання або рекреації.

Будівництво та інфраструктурний розвиток також впливають на гідрологічний режим і якість вод. Під час будівельних робіт відбувається зняття ґрунтового покриву, що спричиняє ерозію та замулення водойм. Особливо це помітно в районах зі значною щільністю забудови або в гірських регіонах. Будівництво доріг, мостів та інших об'єктів змінює природний стік води, що може призводити до затоплення, зміщення русел річок або зниження здатності водойм до самоочищення.

Ще одним значущим фактором є **видобуток корисних копалин**, особливо відкритим способом. Кар'єри та шахти порушують ґрунтово-водний баланс територій, створюючи дренажні потоки з високою мінералізацією або з вмістом металів, що потрапляють у поверхневі води. У регіонах з активним

видобутком, як-от Донбас, проблема гідрохімічного забруднення річок шахтними водами є однією з найгостріших.

Не менш небезпечною є **туристично-рекреаційна діяльність**, особливо в гірських і прибережних районах. Туристи залишають після себе відходи, часто відсутні централізовані системи збору й утилізації сміття та каналізації. Крім прямого забруднення вод, рекреаційне навантаження впливає і на біоту водойм, що посилює екологічний дисбаланс.

Особливе занепокоєння викликає **незаконне чи неконтрольоване скидання відходів** - як рідких, так і твердих. У сільських регіонах трапляються випадки, коли сільськогосподарські підприємства зливають залишки від добрив і гноївки безпосередньо у водойми або канали, які впадають у річки. На територіях колишніх промислових зон чи сміттєзвалищ може відбуватись інфільтрація токсичних речовин у водозбірний басейн.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ЗБОРУ І АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ ЯКОСТІ ВОД

2.1. Джерела даних для аналізу якості поверхневих вод

Успішне картографування якості поверхневих вод неможливе без достовірних, повних і репрезентативних даних. Джерела інформації, що використовуються для аналізу, мають охоплювати як сучасні вимірювання, так і історичні дані для порівняння та виявлення динаміки. Основу такої інформаційної бази складають державні моніторингові програми, відомчі звіти, результати наукових досліджень, а також відкриті екологічні платформи й бази даних.

Одним із головних джерел є **дані державного моніторингу вод**, що здійснюється в Україні відповідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС та українського законодавства. Координацію та проведення моніторингу здійснюють органи системи Державного агентства водних ресурсів України (Держводагентство) та Державної екологічної інспекції. В рамках цієї системи проводяться регулярні відбори проб вод із річок, озер і водосховищ на визначених пунктах контролю. Параметри аналізу включають хімічні, фізико-хімічні, гідробіологічні та гідроморфологічні показники.

Ще одним важливим джерелом є **відкриті екологічні бази даних**, зокрема геопортали. Ці ресурси містять інтерактивні карти, зведення про якість вод за роками, точкові дані спостережень та географічну прив'язку до річкових басейнів. Особливо цінними є ті, що надають доступ до багаторічних даних, оскільки вони дозволяють проводити аналіз трендів, виявляти просторову динаміку змін та екологічні ризики.

Окрім офіційних державних джерел, значний внесок у формування інформаційної бази відіграють **наукові дослідження, університетські моніторинги та незалежні експертні ініціативи**. У ряді випадків саме вони охоплюють маловивчені або периферійні ділянки водозбору, де офіційний моніторинг не здійснюється. Особливу цінність мають польові спостереження із залученням портативних приладів, які дозволяють оперативно фіксувати

показники рН, температури, електропровідності, вмісту розчиненого кисню тощо. Ці дані можуть бути інтегровані в геоінформаційні системи (ГІС) та використовуватись для уточнення просторової моделі якості вод.

У сучасних умовах важливо враховувати також **дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)**. Хоча ці дані менш точні у вимірі хімічного складу, вони дозволяють оцінювати колір води, наявність водоростей, ступінь замулення, температурні зміни й зміни прозорості. Зокрема, супутникові знімки (наприклад, Sentinel-2, Landsat) використовуються для виявлення зон евтрофікації, поширення синьо-зелених водоростей, а також оцінки впливу меліоративної чи господарської діяльності.

У ряді випадків використовуються **дані підприємств**, які зобов'язані здійснювати регулярний екологічний контроль за скидами у водойми. Такі дані можуть бути корисними, особливо при дослідженні ділянок, що розташовані поблизу промислових об'єктів, ТЕЦ, очисних споруд тощо. Однак у роботі з подібними джерелами важливо критично оцінювати достовірність інформації та ступінь її публічності.

Таким чином, комплексний підхід до збору даних для аналізу якості поверхневих вод передбачає поєднання державного моніторингу, локальних вимірювань, супутникових спостережень, історичних відомостей і цифрових відкритих ресурсів. Такий підхід забезпечує достовірну інформаційну основу для подальшого геопросторового аналізу, моделювання та картографування якості вод в межах конкретних річкових басейнів чи регіонів.

Аналіз якості поверхневих вод – це процес оцінки фізичних, хімічних та біологічних характеристик поверхневих водних об'єктів для визначення їхнього загального стану та придатності для різних цілей, таких як пиття, зрошення та підтримка водного життя. Аналіз зазвичай включає збір проб води з поверхневого водного об'єкта та їх аналіз у лабораторії для визначення наявності та рівнів різних забруднювачів, таких як поживні речовини, метали, патогени та органічні забруднювачі.

Цей процес є фундаментальним для прийняття управлінських рішень у сфері охорони водних ресурсів, планування землекористування, просторового аналізу, впровадження екологічних політик та картографування якості вод.

Якість поверхневих вод визначається як сукупність властивостей, що впливають на їх екологічну безпечність та функціональну придатність — для питного водопостачання, сільськогосподарського поливу, рибного господарства, рекреації або промислового використання. Аналіз якості вод є критично важливим у контексті сталого управління водними ресурсами, адже дозволяє не тільки зафіксувати поточний стан, але й виявити тенденції погіршення, джерела забруднення та потенційні екологічні загрози.

На основі результатів оцінки можна вжити відповідних заходів для захисту або покращення якості води, таких як впровадження заходів боротьби із забрудненням, впровадження систем очищення стічних вод або впровадження кращих практик землекористування. Крім того, оцінки якості поверхневих вод використовуються для встановлення нормативних стандартів та рекомендацій щодо управління якістю поверхневих вод.

Основні напрями аналізу

Процес аналізу охоплює кілька напрямів. Передусім – **гідрохімічний аналіз**, який полягає у визначенні вмісту різних речовин у воді: макроелементів (кисень, нітрати, фосфати), важких металів, пестицидів, нафтопродуктів та інших забруднювачів. Результати цього аналізу дозволяють оцінити антропогенне навантаження, виявити наявність токсичних сполук і визначити ступінь евтрофікації.

Фізико-хімічний аналіз доповнює гідрохімію, охоплюючи такі параметри, як температура, кислотність, прозорість, кольоровість, електропровідність. Ці показники дають уявлення про здатність води до самоочищення, рівень змішування і насичення киснем.

Біологічний аналіз фокусується на вивченні стану водних екосистем, зокрема видового складу фітопланктону, зоопланктону, бентосу, риби. Біологічні

показники мають перевагу в тому, що вони відображають не моментальний стан, а загальний вплив забруднення за певний період.

Гідроморфологічний компонент аналізу пов'язаний із фізичними характеристиками річок і водойм – зміна русла, глибина, швидкість течії, наявність донних відкладень. Ці параметри особливо важливі для оцінки екосистемної стабільності водойми.

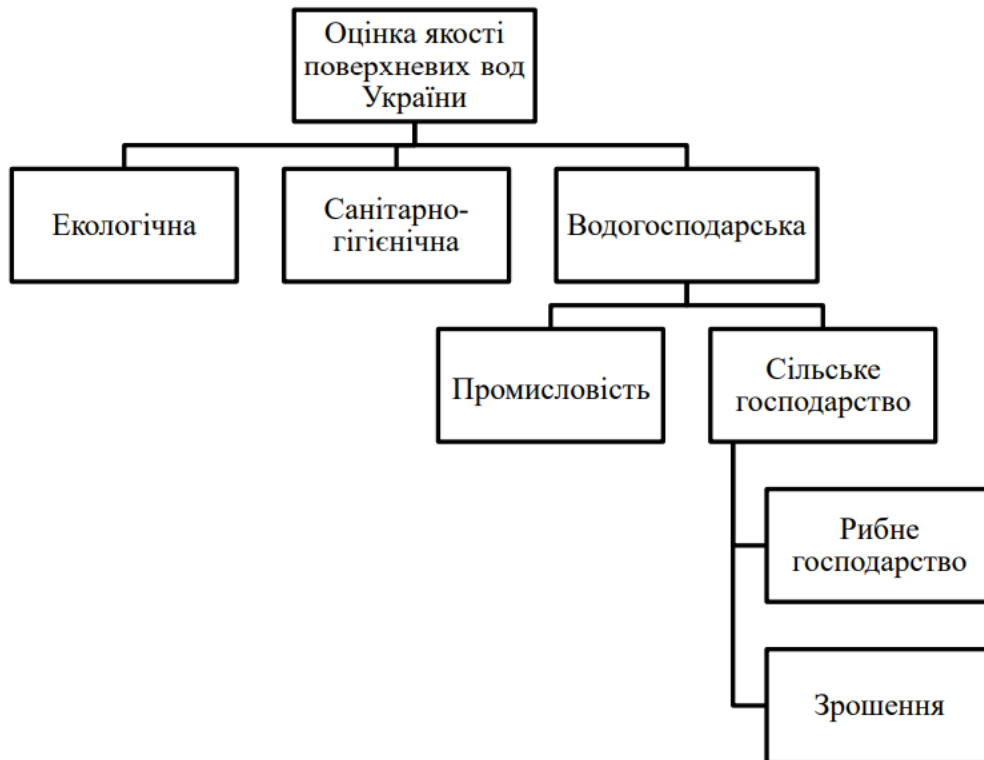


Рис. 2.1. Система класифікацій оцінки якості поверхневих вод України

Згідно зазначеного нормативного документу, котрий затверджено наказом Мінекобезпеки України від 31.03.1998 № 44 як міжвідомчий керівний документ, і якому надано чинності з 01.01.1999, процедура здійснення екологічної оцінки якості води складається з таких послідовних етапів:

- 1) визначення пунктів гідроекологічних спостережень;
- 2) групування та оброблення вихідної інформації;
- 3) визначення класів та категорій якості річкових вод за окремими показниками й окремими блоками;

- 4) визначення об'єднаної оцінки якості води окремих ділянок досліджуваного водного об'єкту;
- 5) картографічного подання результатів досліджень з екологічної оцінки якості води.

Процес аналізу якості води складається з кількох етапів. Перший - **відбір проб води** відповідно до стандартних процедур, які забезпечують репрезентативність та відтворюваність результатів. Відібрані проби транспортують до лабораторій, де проводяться **інструментальні та лабораторні дослідження** з використанням сучасного аналітичного обладнання (спектрофотометри, хроматографи, іон-селективні електроди тощо).

Отримані дані обробляються із застосуванням **методів математичної статистики, нормалізації, обчислення індексів якості води** (наприклад, WQI - Water Quality Index) та порівнюються з екологічними нормами і стандартами. Додатково використовується просторовий аналіз у ГІС середовищах, що дозволяє створювати тематичні карти якості води, моделі забруднення та виявляти просторові закономірності.

Практичне значення аналізу

Здійснення регулярного аналізу якості вод дозволяє ефективно контролювати стан водних екосистем, виявляти критичні ділянки забруднення, оцінювати вплив антропогенної діяльності та розробляти заходи з екологічної реабілітації водойм. Це також основа для інформування громадськості, прийняття рішень на рівні місцевих і державних органів влади, адаптації до змін клімату та запобігання водним конфліктам.

У контексті картографування, аналіз якості вод є тим підґрунтям, на основі якого формуються просторові моделі, виконується зонування територій за ступенем забруднення, розробляються картографічні серії з тематикою «якість води», «екологічний стан водойм», «ризики для населення». Тому глибоке розуміння методів аналізу є критично важливим для якісного картографування поверхневих вод.

2.2. Використання дистанційного зондування та ГІС у моніторингу вод

Сучасні технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у поєднанні з геоінформаційними системами (ГІС) відіграють ключову роль у моніторингу стану поверхневих вод, надаючи масштабні, регулярні й об'єктивні дані про водні об'єкти. Завдяки цим інструментам стало можливим аналізувати просторово-часову динаміку гідроекологічного стану водойм, визначати зони забруднення, контролювати антропогенний вплив і планувати заходи з охорони вод.

За допомогою поєднання можливостей ГІС та технологій космічного моніторингу можна організувати безперервний процес актуалізації просторових даних за допомогою дешифрування космічних знімків, їх векторизації, аналізу поточної ситуації в регіоні, прогнозування та пошуку прийнятних управлінських рішень. Всі дистанційні методи спостережень за навколишнім середовищем можна поділити на **активні** і **пасивні**. В основі обох методів лежить взаємодія електромагнітних хвиль оптичного діапазону частот з матеріальними об'єктами і поширення цих хвиль у вакуумі, атмосфері і водному середовищі.

Сучасний рівень розвитку аерокосмічних засобів ДЗЗ також дозволяє отримати дані не лише про фотометричні параметри водних об'єктів в широкому спектральному діапазоні з необхідною просторовою роздільною здатністю і періодичністю поновлення інформації, але й оцінювати низку їх санітарно-біологічних характеристик. Водна поверхня при цьому є природним джерелом інформації для визначення як стану водойми в цілому, так і виявлення ряду процесів, що відбуваються у товщі води. Вважається, що найкращих результатів можна досягти при комплексному, синхронному використанні космічних та наземних досліджень, коли дані наземних вимірювань екстраполюються на картосхеми, одержані на основі космічних знімків і навпаки, аномалії, що виявлені на космічних зображеннях стають

необхідною базовою інформацією для проведення наземних польових досліджень.

Цілком очевидно, що водне господарство - це галузь, в якій використання методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу і геоінформаційних технологій важко переоцінити. За допомогою даних ДЗЗ і програмних комплексів по їх обробці можна вирішувати багато важливих завдань, у тому числі такі як:

- 1) інвентаризація водосховищ та інших водних об'єктів;
- 2) постійні спостереження за станом дамб та інших водозахисних та гідротехнічних споруд;
- 3) оцінка екологічного стану водних об'єктів, в тому числі виявлення забруднених в результаті аварійних скидів та розливів шкідливих речовин ділянок водойм, виявлення джерел забруднення;
- 4) вивчення руслових процесів і картографування мікрорельєфу дна на мілководді;
- 5) прогнозування і оперативний моніторинг повеней, моделювання процесів затоплення території в результаті повеней;
- 6) моніторинг стану водоохоронних зон, несанкціонованого будівництва в їх межах промислових і житлових об'єктів;
- 7) вирішення судових спорів, пов'язаних з водокористуванням та порушеннями Водного кодексу України;
- 8) визначення біологічної продуктивності водойм, виявлення водних біоресурсів, вирішення завдань риболовного промислу.

Дистанційне зондування полягає у зборі даних про об'єкти земної поверхні за допомогою супутників, літаків або дронів без прямого контакту з об'єктом. У контексті моніторингу супутникові платформи забезпечують регулярні та масштабні знімки. Такі знімки дозволяють відстежувати: прозорість води (NDWI), цвітіння води, температуру поверхні води, зміни берегової лінії, забруднення органічними або неорганічними речовинами.

Найбільш використовуваними супутниками у таких моніторингах є **Sentinel-2** та **Landsat-8 і 9**.

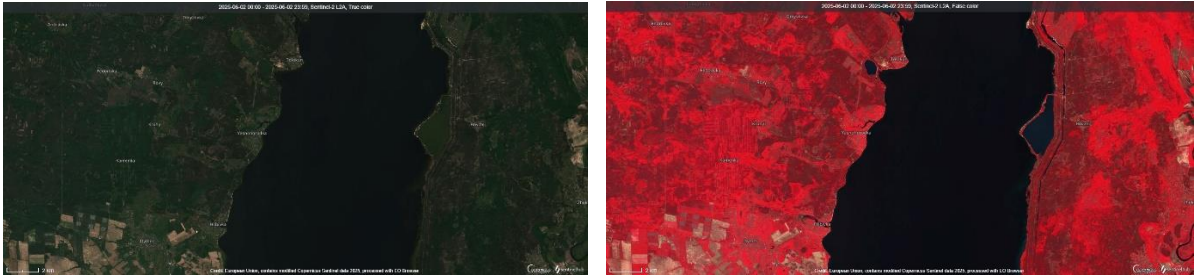


Рис. 2.2. «Результат знімання Київського водосховища супутником Sentinel-2 за 2 червня 2025 року» [<https://apps.sentinel-hub.com/>]

На першому знімку можна побачити використання спектрального каналу True Color. На другому знімку візуалізація з інфрачервоним каналом, тобто False Color.

Переваги Дистанційного Зондування у водному моніторингу:

1. Безперервне спостереження у часі (моніторинг у динаміці).

Однією з ключових переваг ДЗЗ є здатність отримувати регулярні дані про водні об'єкти з високою частотою. Наприклад, супутники Sentinel-2 мають період повторного знімання приблизно кожні 5 днів.

Це дає можливість відстежувати сезонну динаміку рівнів води у водосховищах, річках, озерах; виявляти довготривалі тенденції зміни площі або стану водних мас (евтрофікація, замулення); реагувати на короткострокові події: паводки, забруднення, посухи;

2. Можливість охопити великі території, включаючи важкодоступні або прикордонні зони.

ДЗЗ охоплює величезні простори за один сеанс знімання. Це важливо для великих басейнів річок, дельт або систем водосховищ; зон де відсутні локальні спостережні пункти або немає доступу для польових робіт; прикордонних територій, де доступ може бути обмежений через політичні або безпекові обставини.

3. Незалежність від політичних, адміністративних і технічних меж.

Супутникові знімки отримуються глобально і не залежать від наявності або відсутності локальної інфраструктури. Дані однаково доступні як для розвинутих, так і для віддалених регіонів, відсутні бюрократичні обмеження щодо збору інформації в транскордонних районах, можна стандартизовано порівнювати ситуацію у різних країнах або областях.

Це особливо корисно для басейнового підходу до управління водними ресурсами, коли річки протікають через кілька країн чи областей.

Геоінформаційні системи (ГІС) відкривають значні можливості для збирання та інтеграції великих обсягів просторових даних, зокрема супутникових знімків, результатів дистанційного зондування, даних автоматизованих сенсорів та польових спостережень. ГІС дозволяють створювати багат шарові карти, що відображають екологічний стан підземних водоносних горизонтів, моделювати процеси забруднення і прогнозувати їх можливий вплив на прилеглі екосистеми та джерела води. Завдяки використанню ГІС можна поєднувати дані з різних джерел у єдиній інтерактивній системі, що спрощує аналіз і забезпечує можливість швидкого реагування на будь-які виявлені відхилення.

Географічні інформаційні системи (ГІС) забезпечують інтегрований підхід до моніторингу водних об'єктів, надаючи можливість збирати, зберігати, аналізувати та візуалізувати різноманітні дані про навколишнє середовище з різних джерел. Використання цих систем дозволяє виявляти зміни стану підземних та поверхневих вод, оцінювати ступінь забруднення, прогнозувати динаміку забруднення та створювати моделі, що відображають взаємодію між забрудненими зонами та водоносними горизонтами.

ГІС-програми, такі як ArcGIS та QGIS, здатні обробляти великі обсяги просторових даних, що дозволяє швидко отримувати інформацію про стан водоносних горизонтів та приймати ефективні управлінські рішення для захисту водних ресурсів. Застосування ГІС включає використання супутникового зондування, даних дистанційного зондування та спектральних індикаторів, що дозволяють оцінити стан поверхневих та підземних вод на

великих територіях. Важливим аспектом є створення та аналіз тематичних карт, які забезпечують достовірне відображення екологічної ситуації.

Крім того, ГІС сприяють виявленню закономірностей та аналізу просторової та часової динаміки забруднення. Використання просторово-часових даних дозволяє створювати карти та моделі, що відображають динаміку змін підземних вод на різних часових етапах. Це особливо важливо для моніторингу територій з високим рівнем антропогенного впливу, таких як промислові або гірничодобувні райони.

Регулярний моніторинг концентрацій забруднюючих речовин дозволяє випадково виявляти аномальне підвищення рівня забруднення, що може свідчити про витіки або інші джерела забруднення, та забезпечити швидке реагування на екологічні загрози. Існує величезний потенціал прогнозного моделювання, яке дозволяє передбачити, як змінюватиметься стан підземних вод під впливом природних або техногенних факторів. Прогнозне моделювання може бути використане для оцінки різних сценаріїв, наприклад, погіршення екологічної ситуації через збільшення кількості опадів, зміну кліматичних умов або розширення промислового виробництва. На основі таких прогнозів експерти можуть розробляти заходи щодо запобігання подальшому погіршенню якості води.

Тривимірне моделювання, яке підтримується ГІС, дозволяє візуалізувати розподіл забруднюючих речовин не лише в горизонтальному, але й у вертикальному вимірі, забезпечуючи більш детальне розуміння розподілу на різній глибині. Це дає змогу визначити глибину залягання забруднених шарів та їх зв'язок з горизонтами прісних вод. Такий підхід особливо цінний у регіонах зі складними геологічними умовами, де розподіл на поверхні та під землею може суттєво відрізнятись

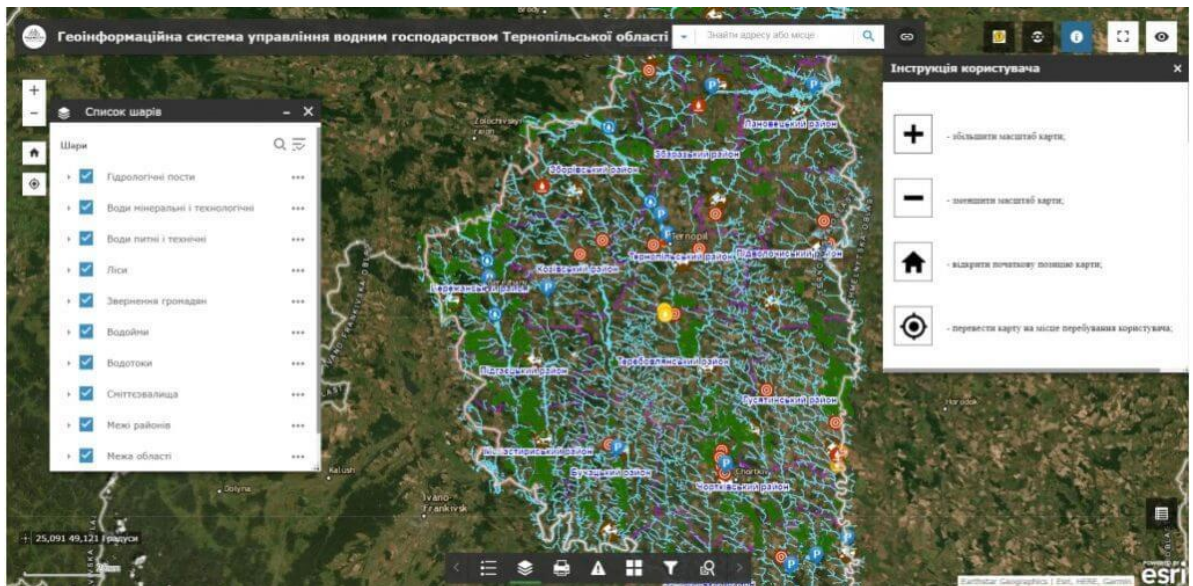


Рис. 2.3. «Геоінформаційна система управління водним господарством Тернопільської області»

[<https://magneticonemt.com/geoinformatsiyna-systema-upravlinnya-richkovym-baseynom/>]

Впровадження геоінформаційних систем (ГІС) у моніторинг вод є надзвичайно ефективним підходом до забезпечення екологічної безпеки та сталого управління водними ресурсами. Сучасні можливості дозволяють інтегрувати величезні обсяги даних, включаючи супутникові знімки, автоматизовані датчики та результати польових досліджень, в єдину платформу для комплексного аналізу стану підземних вод. Використання ГІС забезпечує не тільки ефективність та точність збору даних, але й створює інструмент для виявлення динаміки та закономірностей змін якості води, особливо в умовах антропогенного впливу.

2.3. Польові методи аналізу та їхні переваги

Польові методи аналізу – це методи, що застосовуються безпосередньо на місці дослідження водного об'єкта для вимірювання фізико-хімічних та біологічних показників якості води. Їх принцип полягає в оперативному зборі даних про стан поверхневих вод без необхідності транспортування проб до лабораторії. Це дозволяє швидко оцінити екологічний стан водойми і виявити потенційні джерела забруднення.

Такі методи є складовою польових досліджень – одного з етапів гідроекологічного моніторингу, що проводиться з метою оперативної діагностики, оцінки відповідності вод нормативам або виявлення змін під впливом антропогенних факторів. Вони часто використовуються як перший крок перед детальнішим лабораторним аналізом або як самостійний елемент контролю в умовах, коли швидкість важливіша за надвисоку точність.

Польовий аналіз завжди пов'язаний із використанням спеціального портативного обладнання - зондів, датчиків, тест-наборів, фотометрів, а також допоміжного обладнання: пробовідбірників, фільтрів, ємностей тощо. Часто дані, зібрані в польових умовах, одразу фіксуються у польових журналах або цифрових пристроях із GPS-навігацією, що дозволяє точно локалізувати точки збору інформації.

Польові методи можуть бути **ручними або автоматизованими**:

- 1) ручне визначення рН з використанням тест-смужок;
- 2) вимірювання розчиненого кисню за допомогою електродного датчика;
- 3) використання **автоматичних станцій моніторингу**, які щогодини передають інформацію в режимі онлайн.

Основними параметрами які визначають у польових методах аналізу є: температура води, водневий показник, розчинений кисень, окисно-відновний потенціал, електропровідність, турбідність, вміст амонію, нітратів, фосфатів тощо.

Такий аналіз проводять завдяки портативним мультипараметричним зондам, колориметрам та фотометрам.

Переваги використання польових методів:

1. **Оперативність отримання результатів.** Дані про якість води можна отримати миттєво, без очікування результатів лабораторного аналізу. Це особливо важливо при виникненні надзвичайних ситуацій.

2. **Мінімальні втрати під час транспортування проб.** Деякі показники змінюються під час транспортування. Польове вимірювання дозволяє уникнути спотворень результатів.

3. **Мобільність та гнучкість.** Портативні прилади дозволяють працювати в польових умовах: у важкодоступних районах, на берегах річок, озер чи в місцях тимчасових стоків.

4. **Економічна ефективність для базового контролю.** У багатьох випадках польовий контроль не потребує лабораторного супроводу, що знижує витрати на моніторинг.

5. **Можливість багатоточкового моніторингу.** Протягом короткого періоду можна виміряти якість води у кількох точках басейну, що є корисним для просторового аналізу та картографування.

6. **Інтеграція з GPS та ГІС.** Більшість сучасних приладів підтримують фіксацію координат, що полегшує подальше нанесення даних на карту у системах ГІС.

Але, польові методи не завжди забезпечують високу точність або виявлення слідів забруднення. Тому вони часто застосовуються як попередня оцінка стану вод, яку можна доповнити лабораторними аналізами у складних випадках.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ КАРТ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

3.1. Обробка даних та інтерполяція показників якості води

Процес картографування якості поверхневих вод неможливий без попередньої **обробки даних** та **просторової інтерполяції** значень. Це один із ключових етапів, який забезпечує перехід від сирих, локальних точкових вимірювань до створення **суцільних картографічних моделей**, що відображають просторовий розподіл показників якості води на великих площах.

Обробка первинних даних - це один із ключових етапів аналітичного процесу, який передує будь-яким розрахункам, інтерполяції чи візуалізації в геоінформаційних системах. Якість та достовірність кінцевих картографічних матеріалів безпосередньо залежать від того, наскільки правильно та ретельно оброблені вихідні дані.

Первинні дані - це необроблені, "сирі" результати спостережень, замірів або вимірювань, отримані з різних джерел: польових досліджень (проби води на місцевості); лабораторного аналізу зразків; автоматичних моніторингових станцій; супутникових або аерофотознімків; відкритих екологічних баз даних або звітів державних установ.

Ці дані зазвичай є точковими (з просторовими координатами або без них), і включають вимірювання концентрацій забруднюючих речовин, фізичних характеристик води, біологічних індексів тощо.

"Сирі" дані **нерівномірні, часто неповні або помилкові**. Наприклад, в одному районі може бути багато вимірювань, а в іншому - жодного. Дані можуть зберігатись у різних форматах, використовувати різні одиниці виміру або містити аномалії. Тому без обробки ці дані **непридатні для аналізу**, бо вони можуть спотворити результати інтерполяції та ускладнити побудову об'єктивної карти забруднення.

Основні етапи обробки первинних даних

1. Перевірка цілісності

Перевіряється, чи всі записи мають необхідні значення - наприклад, географічні координати, дату вимірювання, одиницю вимірювання та сам показник (наприклад, концентрацію аміаку або рівень рН). Відсутні або явно некоректні дані фіксуються й опрацьовуються окремо.

2. Очищення від помилок та аномалій

Видаляються або коригуються записи, які явно виходять за межі допустимих або фізично можливих значень. Наприклад, якщо рівень рН вказаний як 17, це може бути або помилка, або збій приладу. Такі значення потребують або перевірки, або усунення.

3. Нормалізація одиниць

Усі значення мають бути приведені до єдиної системи одиниць, щоб їх можна було порівнювати. Наприклад, вміст хлоридів може бути вказаний в мг/л або г/м³ - ці значення потрібно привести до одного формату.

4. Географічна прив'язка

Дані повинні мати координати (широту й довготу) або хоча б прив'язку до відомих географічних об'єктів (водойма, пост спостереження, район). Це дозволяє прив'язати їх до просторових шарів у ГІС.

Інтерполяція також один із найважливіших аналітичних інструментів, який дозволяє перетворити окремі точкові вимірювання якості поверхневих вод на безперервну просторову картину. Інтерполяція є обов'язковим етапом у побудові карт розподілу екологічних параметрів, адже дозволяє оцінити стан водного середовища в місцях, де прямі заміри відсутні.

Інтерполяція - це процес математичного наближення, який дозволяє оцінити значення певного показника в тих точках простору, де безпосередні вимірювання відсутні, на основі вже наявних спостережень. У контексті оцінки якості поверхневих вод, інтерполяція дозволяє перетворити розрізнені, точкові дані на суцільну поверхню або карту, яка відображає розподіл хімічних, фізичних чи біологічних характеристик водойми.

У сучасному екологічному моніторингу інтерполяція використовується для **створення наочних тематичних карт**, які допомагають у виявленні зон із

підвищеним рівнем забруднення, прогнозуванні змін якості води, а також у прийнятті управлінських рішень. Цей підхід є особливо важливим у випадках, коли через обмежені ресурси польові спостереження проводяться лише у вибраних точках, але необхідно оцінити ситуацію в усьому водному об'єкті або регіоні.

Основні методи інтерполяції

Існує кілька популярних методів інтерполяції, які застосовуються у ГІС-системах такі як QGIS та ArcGIS:

1. **IDW (Inverse Distance Weighting, інверсне зважування відстані)** найпростіший метод, який передбачає, що точки, розташовані ближче до місця оцінки, мають більший вплив. Простий, але може бути чутливим до кластеризації даних.
2. **Сплайн-інтерполяція** - метод згладжування, що створює плавну поверхню, яка проходить через усі відомі точки. Добре підходить для фізичних показників, де зміни мають поступовий характер.
3. **Крігінг (kriging)** - складний геостатистичний метод, який не тільки враховує просторову автокореляцію, але й дозволяє оцінити похибку прогнозу. Дає найточніші результати, особливо при великій кількості вхідних даних.
4. **TIN (Triangulated Irregular Network)** - менш поширений у водному моніторингу, але може використовуватись для локального моделювання поверхонь з використанням трикутників на основі нерегулярної сітки точок.

Інтерполяція виконує важливу роль у процесі аналізу якості поверхневих вод, адже саме завдяки їй стає можливим узагальнення даних моніторингу для оцінки просторової змінності забруднення. Вона дозволяє перетворити точкові вимірювання у суцільне уявлення про стан усієї водної системи. Завдяки інтерполяції стає можливим ідентифікувати так звані «гарячі точки» - ділянки з підвищеним рівнем забруднення, які потребують особливої уваги. Така інформація є критично важливою для проведення екологічного ризик-аналізу, побудови прогнозних моделей і подальшого планування заходів з оздоровлення водних об'єктів. Крім того, інтерпольовані дані слугують підґрунтям для

прийняття стратегічних рішень у сфері управління водними ресурсами, екологічного моніторингу та планування землекористування.

Наприклад, якщо у різних точках річкової системи було зафіксовано рівень вмісту нітратів, то шляхом інтерполяції можна створити безперервну карту концентрацій, яка дасть змогу чітко окреслити території з низьким, середнім та високим ступенем забруднення. Така карта може бути основою для зонування територій за ступенем екологічної небезпеки, визначення пріоритетних районів для контролю, а також прогнозування впливу нових антропогенних чинників у разі їх виникнення.

Зрештою, інтерполяція виступає інструментом перетворення великого масиву точкових даних у зрозумілу просторову модель, що підвищує ефективність екологічного управління та наукового аналізу.

3.2. Використання ArcGIS online для візуалізації якості вод

У сучасному екологічному моніторингу поверхневих вод особливої важливості набуває не лише збір даних, а й їх ефективна візуалізація, що дозволяє швидко інтерпретувати результати аналізу, виявити проблемні ділянки та донести інформацію до зацікавлених сторін. Одним із найзручніших і найпотужніших інструментів для цих цілей є **ArcGIS Online** - хмарна платформа для створення, обробки та поширення картографічної інформації.

Середовище «ArcGIS Online» дозволяє легко передавати файли та додавати вміст із електронної хмари. Підтримується багато типів файлів, включаючи електронні таблиці, KML, GeoJSON та звичайні геопросторові файли. ArcGIS Online включає інструменти, які допомагають підготувати їх до візуалізації та аналізу. Інтерактивні web-карти підтримують в собі візуалізацію, редагування та аналіз інформації, їх можна переглядати за допомогою мобільних та комп'ютерних пристроїв.

ArcGIS Online дозволяє створювати інтерактивні карти, на яких у зручному вигляді можна відобразити основні показники якості води, зібрані в результаті моніторингу або польових досліджень. Наприклад, концентрації хімічних речовин, біологічні параметри, індекси забруднення можуть бути

представлені у вигляді кольорових тематичних шарів, що дозволяє користувачеві одразу побачити, де саме зафіксовані критичні рівні забруднення.

Користувач може імпортувати таблиці даних, пов'язані з координатами вимірювань, а потім візуалізувати ці дані за допомогою:

1. **Градуированих кольорових шкал**, які відображають рівні концентрацій речовин;
2. **Карт теплової інтенсивності (heatmaps)**, які наочно показують щільність забруднення;
3. **Динамічних легенд**, які дозволяють змінювати порогові значення на карті відповідно до санітарних чи екологічних норм;
4. **Інфо-вікон (pop-ups)**, що з'являються при натисканні на точку та містять детальну інформацію про показники в певному місці.

ArcGIS Online також дозволяє працювати з **часовими рядами**, що дає змогу створити інтерактивну хронологію змін якості води — надзвичайно важливий інструмент для оцінки ефективності впроваджених заходів або для виявлення сезонних/періодичних змін.

Важливим є й те, що платформа підтримує **спільну роботу** над картами — екологічні організації, науковці та органи влади можуть взаємодіяти у реальному часі, оновлювати карти, обмінюватися даними та рішеннями. Це робить ArcGIS Online не лише візуалізаційним інструментом, а й повноцінним середовищем для просторового аналізу та **управління водними ресурсами**.

У сучасному просторовому аналізі все більшої популярності набуває використання інтерактивних панелей управління (**dashboards**), які дають змогу не лише візуалізувати географічні дані, а й аналізувати статистику у реальному часі. Одним із найзручніших інструментів для цього є ArcGIS Dashboards — вебзастосунок від Esri, який дозволяє створювати потужні панелі моніторингу на основі даних із карт та таблиць, інтегрованих у середовище ArcGIS Online.

Що таке ArcGIS Dashboards?

ArcGIS Dashboards це спеціалізована платформа, яка дає змогу створювати інформаційні панелі з картами, графіками, діаграмами, лічильниками, списками, індикаторами, які оновлюються автоматично при зміні вихідних даних. У контексті картографування якості поверхневих вод, така панель дозволяє візуально поєднувати: просторові дані (геолокація проб води, водосховища, річки); аналітичні дані (рівень рН, вміст нітратів, амонію, БСК, тощо); динаміку змін у часі; зони ризику (згідно з еколого-санітарною класифікацією); візуальну ієрархію за допомогою графіків, гістограм та кругових діаграм.

Як створюється панель управління?

1. Підготовка даних. Збір та обробка даних про якість води, формування таблиці з атрибутивними значеннями, публікація карти як веб-шару на платформі ArcGIS Online.

2. Створення веб-карти. Вибір типу візуалізації, налаштування шарів, легенд та інших вікон.

3. Запуск ArcGIS Dashboards. Створення нової панелі та додавання різних віджетів (графіки, діаграми, таблиці тощо); Компонування проекту та встановлення динамічного зв'язку між картами та графіками.

4. Інтерактивність і адаптація. Кожен компонент є інтерактивним, що дозволяє створити інструмент не лише для перегляду, а й для аналізу, легко оновлювати панель та завантажувати нові дані вручну.

На прикладі мого дослідження була створена панель управління (Dashboard) з візуалізацією статистичних даних про моніторинг поверхневих вод. (див Додаток А)

Методологічні переваги використання ArcGIS Dashboards у картографуванні якості поверхневих вод полягають у поєднанні наочності, динамічності та інтерктивності в одному середовищі. Панель управління дозволяє одночасно відображати просторові дані на карті, аналітичну інформацію у вигляді графіків та діаграм, а також результати обробки даних, що робить процес аналізу зручним і ефективним.

Динамічність системи забезпечує можливість спостереження змін у реальному часі або з використанням часової анімації, що особливо корисно для оцінки тенденцій. Інтерактивні елементи панелі дають змогу миттєво реагувати на вибір об'єкта чи зони на карті - відповідно змінюється вся аналітична інформація. ArcGIS Dashboards є масштабованим інструментом, придатним як для невеликих водних об'єктів, так і для великих річкових систем. Крім того, платформа підтримує відкритість даних, панелі можна зробити публічними для інформування населення або навпаки обмежити доступ для спеціалістів, що працюють з екологічним моніторингом.

3.3. Створення та класифікація карт за рівнями забруднення

Процес створення оптимальної для кожного конкретного випадку карти – це своєрідна фільтрація інформації з метою усунення небажаної складності, показу важливих особливостей або певних тенденцій. Візуалізація повинна містити певний рівень деталізації, необхідний для конкретної категорії користувачів, – від загального короткого огляду до детального розуміння.

Картографування рівнів забруднення поверхневих вод є важливою складовою екологічного моніторингу, оскільки дозволяє не лише відобразити поточний стан водних об'єктів, а й здійснювати просторовий аналіз тенденцій погіршення чи покращення їх якості. У цьому контексті створення тематичних карт із класифікацією за рівнями забруднення відіграє ключову роль у візуалізації, аналізі та прийнятті управлінських рішень щодо водних ресурсів.

Процес створення таких карт починається зі збору та обробки якісних та кількісних даних про хімічні, фізичні й біологічні параметри води: наприклад, вміст нітратів, фосфатів, важких металів, показники БСК5, рН, температура, мутність, наявність фітопланктону тощо. Ці дані, отримані шляхом польових вимірювань або з баз екологічного моніторингу, імпортуються у **ГІС-програмне забезпечення** (наприклад, ArcGIS, QGIS), де далі піддаються просторовій обробці - зокрема, інтерполяції та класифікації.

Класифікація показників якості води відбувається на основі встановлених екологічних або санітарно-гігієнічних норм, таких як гранично

допустимі концентрації (ГДК), а також методичних підходів до визначення екологічного стану водойм. Для цього використовується шкала забруднення, яка поділяє територію на кілька класів: від “дуже доброго стану” до “катастрофічно забрудненого”.

Для більш глибокого та якісного аналізу, класифікацію рівнів забруднення можна поділити умовно на 5 класів:

1. **Клас I** - Вода дуже чиста (значення показників значно нижче ГДК);
2. **Клас II** - Добра якість води (показники не перевищують ГДК);
3. **Клас III** - Задовільна якість (деякі показники близькі до межових);
4. **Клас IV** - Забруднена вода (перевищення кількох ГДК);
5. **Клас V** - Дуже забруднена вода (значні перевищення, поганий екологічний стан).

Для кожного з класів встановлюється відповідне **кольорове кодування** на карті, що дозволяє легко ідентифікувати найчистіші та найбільш забруднені ділянки.

Таблиця 4.1. «Типи тематичних карт якості води та їхні характеристики»

Тип карти	Опис	Основні параметри	Сфера застосування
Карта хімічного забруднення	Відображає концентрації хімічних речовин у воді	Нітрати, фосфати, важкі метали	Моніторинг аграрного та промислового впливу
Карта біологічного стану	Показує кількісний/якісний склад живих організмів у воді	Фітопланктон, зоопланктон, біоіндекси	Біомоніторинг, оцінка екосистемного стану
Карта джерел забруднення	Відображає розташування антропогенних джерел (точкових/дифузних)	Заводи, поля, очисні споруди, зливові стоки	Екологічне планування, управління ризиками
Індексна карта якості води	Візуалізує інтегральний індекс забруднення	Нормовані значення кількох показників	Загальна оцінка екологічного стану
Карта динаміки забруднення	Демонструє зміни показників у часі	Часові ряди, сезонні	Прогнозування, оцінка впливу

		коливання	клімату чи діяльності
Карта екологічного ризику	Вказує потенційно небезпечні зони для населення або екосистем	Зони перевищення ГДК	Розробка природоохоронних заходів

У процесі створення таких карт використовуються **методи просторової інтерполяції**, які допомагають побудувати суцільне поле значень на основі точкових спостережень. Це дає змогу отримати безперервну картину забруднення навіть у місцях, де відсутні прямі вимірювання. Також активно застосовуються **мультитематичні карти**, де на одному шарі можна відобразити одночасно кілька показників. (приклади таких карт наведено в додатку Б).

3.4. Рекомендації щодо ефективного моніторингу якості вод

Центральне водопостачання охоплює близько 70% українців. Потреби 20% з них забезпечуються за рахунок підземних прісних вод, інші 80% п'ють з поверхневих водойм на зразок річок Дніпро і Десна. Повірте, їх складно назвати чистими.

40% промислових і господарчо-побутових відходів, які підприємства зливають в річки, не очищаються або не відповідають встановленим санітарним вимогам!

У багатьох регіонах якість води залишається низькою через відсутність повного комплексу очисних споруд і зон санітарної охорони, через що місцеві спеціалісти змушені шукати шляхи уникнення забруднення води. Особливо гостро це проявляється у системах водопостачання, де водопроводи не обладнані знезаражувальними установками - така ситуація характерна для Івано-Франківської, Тернопільської, Одеської, Житомирської та Закарпатської областей. Як наслідок, відбувається системне погіршення якості водних ресурсів. У зразках питної води найчастіше фіксуються відхилення за органолептичними показниками (до 72%), значна частина проб демонструє наднормативну мінералізацію (до 28%), а також перевищення граничної концентрації хімічних речовин (до 16%).

У такому контексті особливої ваги набуває необхідність системного та ефективного моніторингу якості поверхневих вод. Це є критично важливим як для забезпечення екологічної безпеки, так і для раціонального використання водних ресурсів і захисту здоров'я населення. В умовах зростаючого антропогенного навантаження, кліматичних змін та постійного збільшення потреб у воді, слід кардинально вдосконалювати підходи до збору, обробки та візуалізації даних.

На основі проведеного дослідження можна сформулювати такі ключові рекомендації:

1. Розробка комплексної системи моніторингу. Моніторинг має охоплювати фізико-хімічні, біологічні та гідрологічні параметри, враховуючи просторову і часову мінливість. Доцільно поєднувати польові вимірювання, лабораторні аналізи, дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) та ГІС-аналіз для створення інтегрованої системи спостереження.

2. Регулярність і репрезентативність спостережень. Забезпечення достатньої частоти відбору проб (сезонно або щомісячно) та охоплення ключових ділянок басейну річки, озера чи іншої водойми є запорукою об'єктивності даних. Важливо дотримуватись єдиних методичних стандартів при польових роботах.

3. Впровадження ГІС і цифрових платформ. Використання сучасних інструментів, таких як ArcGIS Online, ArcGIS Dashboards, QGIS та інтерактивні карти, дозволяє забезпечити наочну візуалізацію даних, оперативну аналітику, підтримку прийняття рішень, а також відкритий доступ до інформації для органів влади, науковців та громадськості.

4. Оцінка ризиків і зонування. Необхідно здійснювати просторову інтерполяцію показників якості води з метою виділення "гарячих точок" забруднення, зон високого ризику та територій, де потрібні пріоритетні заходи управління. Це дозволяє ефективніше розподіляти ресурси на моніторинг та природоохоронні заходи.

5. Участь громадськості та міжвідомча взаємодія. Підвищення прозорості та доступності даних про стан вод є передумовою формування відповідального ставлення до ресурсів. Важливо залучати місцеві громади, екологічні організації, заклади освіти до моніторингових ініціатив, а також забезпечити співпрацю між державними установами.

6. Актуалізація нормативної бази. Слід орієнтуватися на екологічні стандарти ЄС, інтегруючи елементи Рамкової водної директиви. Нормативи повинні враховувати реальні ризики для довкілля та здоров'я людини, а також стимулювати перехід до сталого водокористування.

7. Забезпечення технічного та кадрового потенціалу. Ефективний моніторинг потребує висококваліфікованих фахівців, сучасного обладнання, автоматизованих сенсорів, лабораторій та стабільного фінансування. Необхідно інвестувати в навчання кадрів, цифровізацію процесів і розвиток інфраструктури.

Ефективний моніторинг якості води - це не лише завдання державних органів чи наукових установ, а спільна відповідальність усіх членів суспільства. Залучення громадськості до цього процесу є ключовим для забезпечення прозорості, підвищення обізнаності та своєчасного реагування на екологічні загрози.

Громадський моніторинг дозволяє мешканцям безпосередньо впливати на стан водних ресурсів у своїх громадах. Сучасні технології, такі як геоінформаційні системи (ГІС) та інтерактивні платформи, роблять процес моніторингу доступнішим для широкого кола користувачів. Завдяки їм можна візуалізувати дані, аналізувати тенденції та оперативно реагувати на зміни у стані водних об'єктів.

Участь кожного з нас у моніторингу якості води сприяє формуванню відповідального ставлення до природних ресурсів, зміцненню екологічної свідомості та забезпеченню сталого розвитку наших громад. Спільними зусиллями усіх можна досягти значних результатів у збереженні та покращенні якості води для нинішніх і майбутніх поколінь.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було досліджено сучасні підходи до моніторингу якості води, зокрема використання геоінформаційних систем (ГІС) та цифрових платформ для збору, аналізу та візуалізації даних. Результати дослідження підкреслюють важливість комплексного підходу до моніторингу водних ресурсів, який включає фізико-хімічні, біологічні та гідрологічні параметри. Було проаналізовано просторові особливості якості поверхневих вод на території України.

Стан поверхневих вод в Україні залишається нестабільним через антропогенний вплив, зокрема промислові викиди, сільськогосподарські стоки та комунальні забруднення. Найбільш критичні ситуації спостерігаються у промислових регіонах та у зонах інтенсивного сільськогосподарського сектору.

Використання інструментів, таких як ArcGIS Online та ArcGIS Dashboards, дозволяє створювати інтерактивні карти та панелі управління, що забезпечують наочну візуалізацію даних та підтримують прийняття обґрунтованих рішень у сфері управління водними ресурсами. Це сприяє більш ефективному виявленню "гарячих точок" забруднення та плануванню природоохоронних заходів.

Дослідження підтвердило ефективність ГІС-методів для аналізу якості водних ресурсів. Отримані карти та просторові моделі можуть стати основою для прийняття управлінських рішень у сфері екології та водокористування. Подальші дослідження доцільно зосередити на прогнозуванні змін якості води під впливом кліматичних чинників.

Ключовим висновком є необхідність залучення широкого кола зацікавлених сторін до процесу моніторингу якості води. Це включає не лише державні органи та наукові установи, але й місцеві громади, екологічні організації та громадськість. Такий підхід забезпечує прозорість, підвищує обізнаність населення та сприяє формуванню відповідального ставлення до водних ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. КАРТОГРАФУВАННЯ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД: РАЦІОНАЛЬНИЙ ПІДХІД ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ Данілян А.Г., Тірон-Воробйова Н.Б., Романовська О.Р.
2. 3 Main Water Quality Parameters Explained | Atlas Scientific. Atlas Scientific. URL: https://atlas-scientific.com/blog/water-quality-parameters/?srsltid=AfmBOoqL42Td_C3LaCHcaqdC29aTNsip3tNgiRIZDOOwkRlXns-XRocE
3. Contributors to Wikimedia projects. Freshwater environmental quality parameters - Wikipedia. Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Freshwater_environmental_quality_parameters
4. Environmental Services. Surface Water Quality Standarts. URL: <https://www.des.nh.gov/water/surface-water-quality-standards>
5. Perfect Pollucon Services. Surface Water Monitoring. URL: <https://surli.cc/isbnhz>
6. Sentinel-hub EO-Browser3. Dashboard. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>
7. Social Sciences. Water Quality Standart. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/water-quality-standard>
8. WEB-КАРТОГРАФУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД. Андрій Согор, Маркіян Согор. URL: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/1466>
9. What are Water Quality Standards? | US EPA. US EPA. URL: <https://www.epa.gov/wqs-tech/what-are-water-quality-standards#desig>
10. БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОДИ. Stud. URL: https://stud.com.ua/101888/geografiya/biologichni_pokazniki_yakosti_vodi
11. ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ВОД. Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». URL: <https://energy.kpi.ua/article/view/315602/306378>

12. Використання матеріалів ДЗЗ у моніторингу та управлінні водними ресурсами. М. П. Слободяник. Київський Національний Університет ім. Тараса Шевченка.
13. Географічні карти та картографічний метод дослідження (2 том) / Т.В. Дудун, С.В. Тітова – К., 2017. – 150с.
14. Геоінформаційна система для водного кадастру. MagneticOne Municipal Technologies. URL: <https://magneticonemt.com/geoinformatsiy-na-systema-upravlinnya-richkovym-baseynom/>
15. Дані державного моніторингу поверхневих вод - Набори даних - Портал відкритих даних. Головна сторінка - Data.gov.ua. URL: <https://data.gov.ua/dataset/surface-water-monitoring>
16. ЕКОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ВОДОСХОВИЩА В РАЙОНАХ ПИТНИХ ВОДОЗАБОРІВ. І. К. Чемеріс. ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
17. Екологічний стан України: проблеми сучасності. Реферат. Освіта.UA. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/ecology/21102/>
18. Загальногеографічні карти: навчальний посібник / Т.В. Дудун, -К. : друковане видання, 2013, - 202 с.
19. Застосування ГІС у природоохоронній справі на прикладі відкритої програми QGIS [Текст] : навч. посіб. / О. Часковський, Ю. Андрейчук, Т. Ямелинець. — Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, Вид-во Простір-М, 2021. — 228 с. —
20. Основні показники якості води @ Закарпаття онлайн. Новини Закарпаття онлайн, новини Ужгорода, новини Закарпаття онлайн. URL: <https://zakarpattya.net.ua/News/233785-Osnovni-pokaznyky-iyakosti-vody>
21. Сільське господарство - серйозна загроза світовим водним ресурсам. Портал "Аграрний тиждень. Україна" www.a7d.com.ua Агрополітика, новини, технології, техніка, агрохімія та все про агробізнес.

URL: <https://a7d.com.ua/novini/40458-slske-gospodarstvo-seryozna-zagroza-svtovim-vodnim-resursam.html>

22. Сучасний екологічний стан поверхневих вод України. Реферат. Освіта.UA.

URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/ecology/18846/>

23. Учасники проєктів Вікімедіа. Кригінг – Вікіпедія. Вікіпедія.

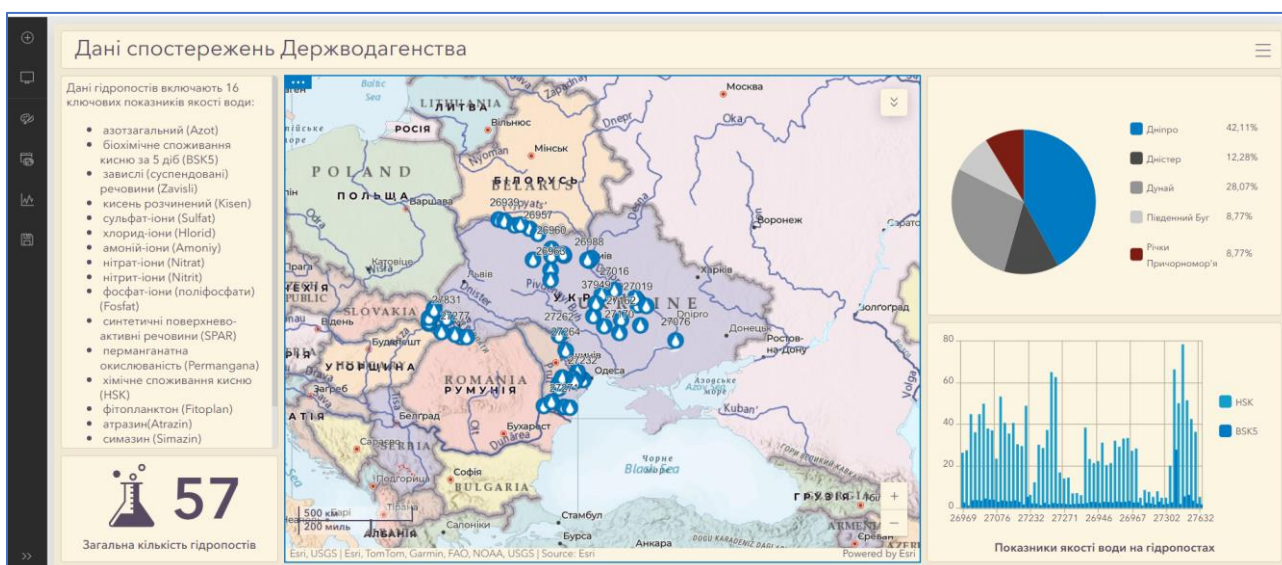
URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Кригінг>

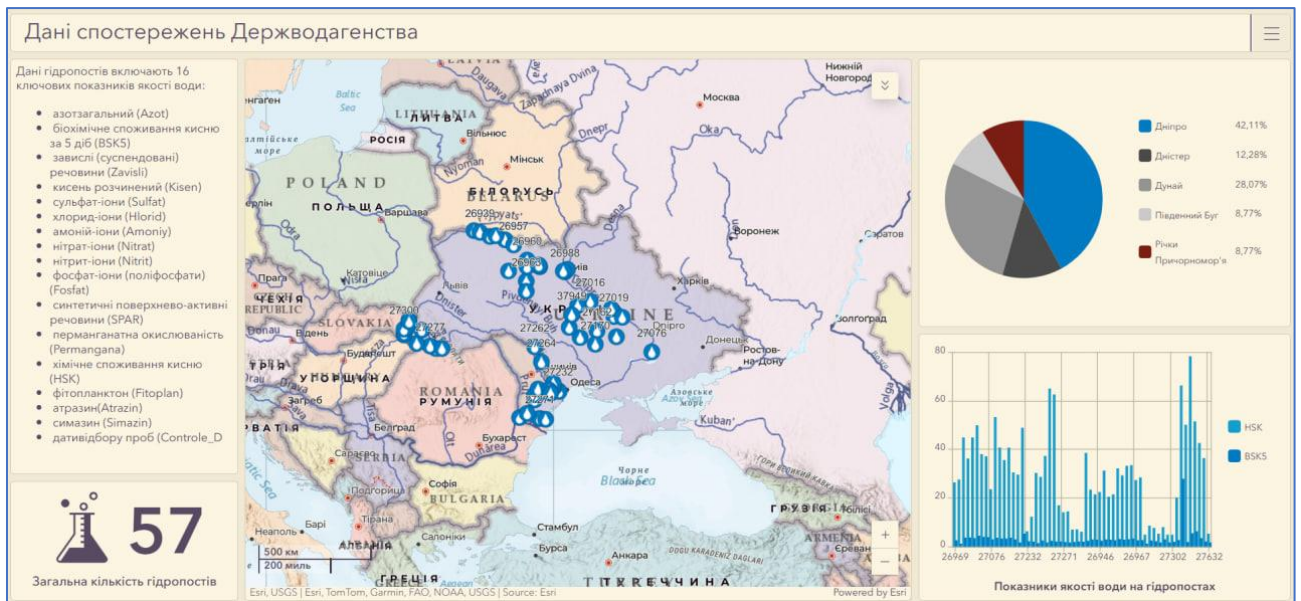
24. Як аналізують якість води? Лабораторні дослідження та висновки | Блог My Water Shop. Доставка води Київ – замовити доставку води в офіс та додому.

URL: https://mywatershop.com.ua/blog/yak-analizuyut-yakist-vodi-laboratorni-doslidzhennya-ta-visnovki/?srsltid=AfmBOorGTXJGfWOnVR0x8ldo8CQCYG2i6pXizr_hEOI7ffOvu7Rvpu

ДОДАТКИ

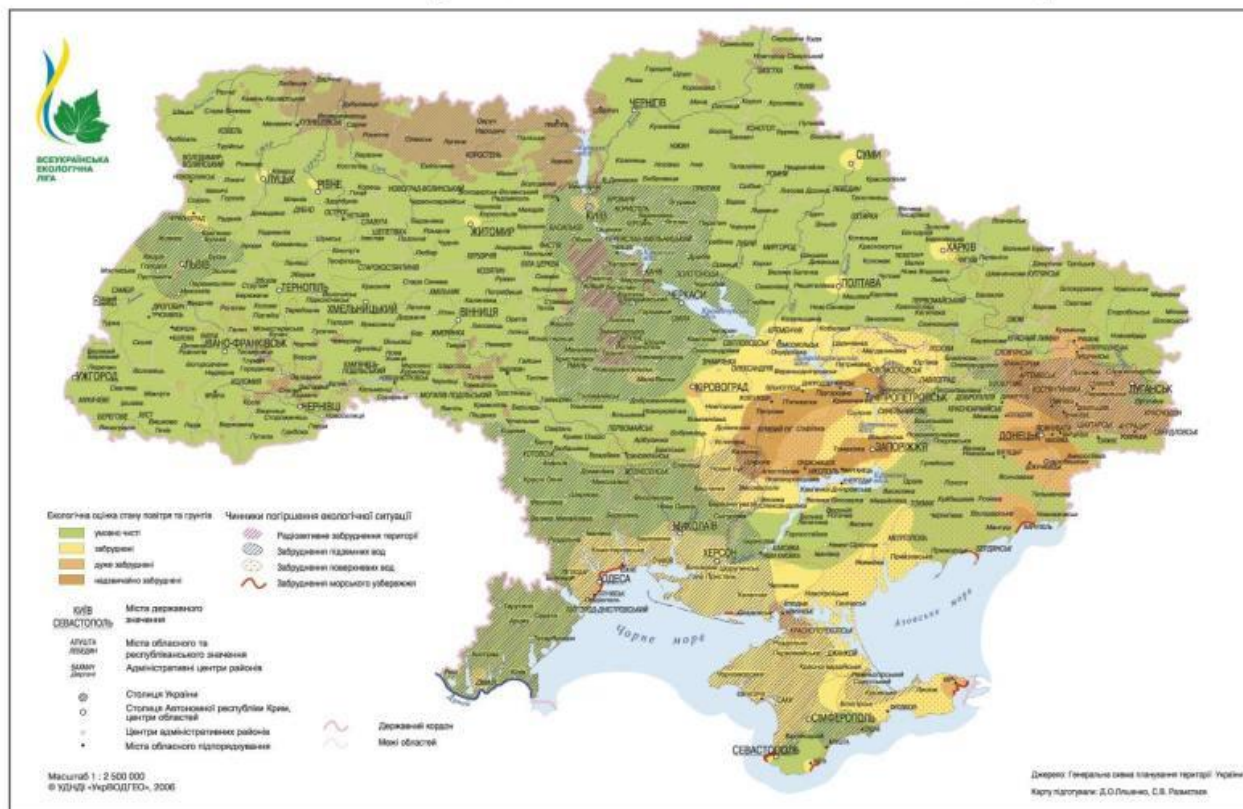
Додаток А





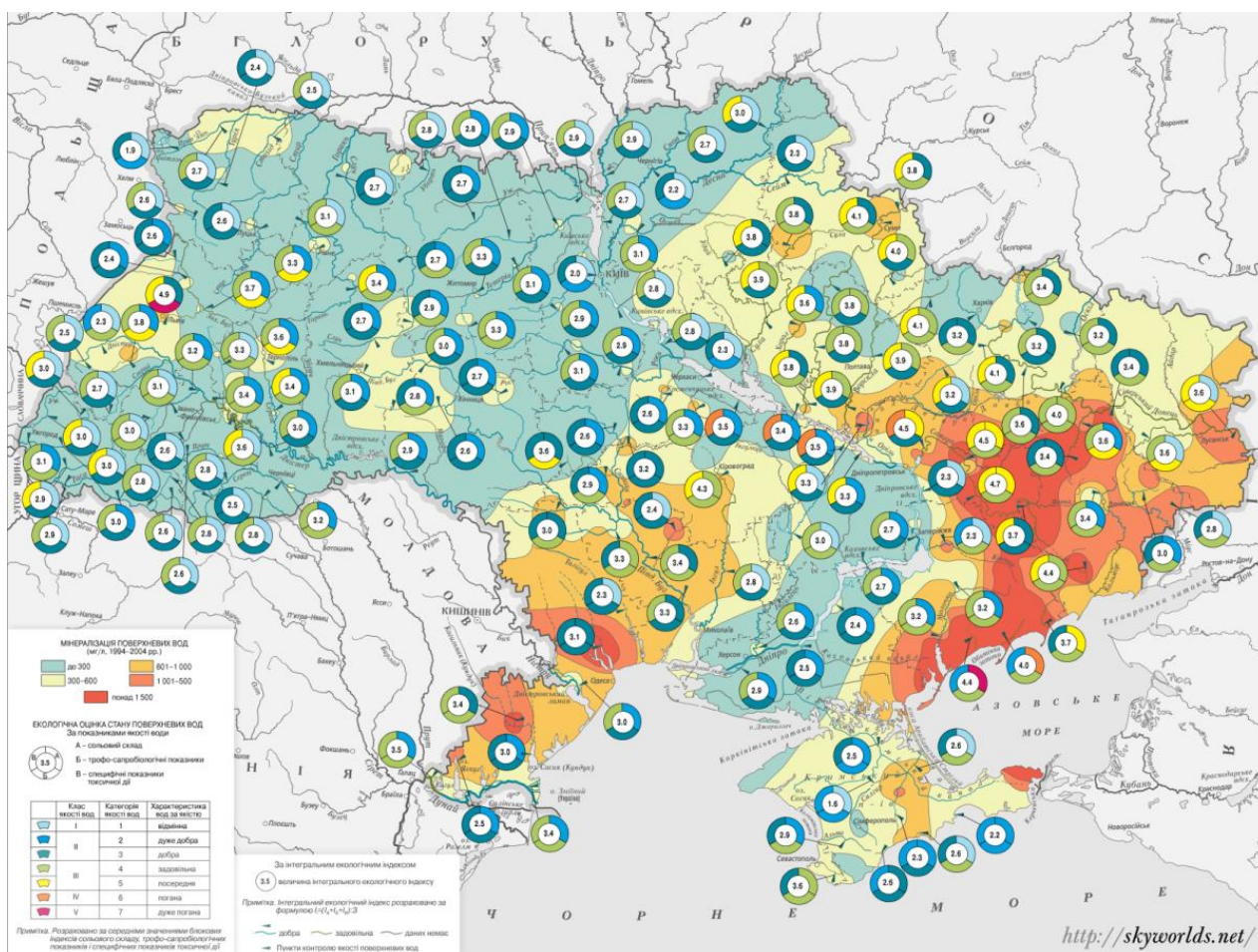
Dashboards на основі ArcGIS Online на тему «Дані державного моніторингу поверхневих вод» являє собою інтерактивну панель управління. Зображено різні діаграми, графіки, текстові елементи які відображають інформацію про гідропости, хімічні якості води, показники якості води на гідропостах, загальну кількість гідропостів, співвідношення водних об'єктів.

Екологічна ситуація та стан питних вод України



Карта 1 «Екологічна ситуація та стан питних вод України» як приклад тематичної карти за забрудненням вод. [<https://akvantis.com.ua/stati-i-obzory/tipy-zagryazneniya-vody-i-ih-posledstviya-ua>]

На карті зображено екологічну ситуацію в різних регіонах України станом на 2006 рік. Вона показує рівень забруднення територій та вод, а також основні чинники погіршення екології: радіоактивне забруднення, забруднення підземних і поверхневих вод, морського узбережжя. Зелений колір вказує на умовно чисті території, жовтий - помірно забруднені, а помаранчевий і коричневий - значно й найбільше забруднені відповідно. Карта також містить інформацію про адміністративні центри та межі областей.



Карта 2 «Забруднення водойм в Україні»

[<https://vseosvita.ua/library/embed/0100bie1-c896.docx.html>]

Карта відображає рівень мінералізації вод (мг/дм^3) у різних регіонах України станом на 2004–2009 роки, а також екологічну оцінку стану поверхневих вод за інтегральним екологічним індексом. Колірна шкала вказує на ступінь мінералізації: від дуже низького (до 300 мг/дм^3) до дуже високого (понад 1500 мг/дм^3). Екологічний стан водойм позначений літерами від А (дуже добрий) до Е (дуже поганий). У деяких районах екологічний стан критичний, особливо в південно-східній частині країни.