

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру

На правах рукопису

ТКАЧУК ЮЛІА ОЛЕКСАНДРІВНА

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ
ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ РІЧКИ УСТЯ**

Спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій»
Освітня програма «Геодезія та землеустрій»
Робота на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Науковий керівник:
КОРОЛЬ ПАВЛО ПИЛИПОВИЧ
кандидат географічних наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № _____
засідання кафедри геодезії,
землевпорядкування та кадастру
від "___" _____ 2025 р.
Завідувач кафедри
проф. Уль А.В.

ЛУЦЬК – 2025

Анотація

Ткачук Ю.О. Геоінформаційне забезпечення моніторингових досліджень геоекологічного стану поверхневих вод басейну річки Устя. Кваліфікаційна робота на правах рукопису. – ВНУ імені Лесі Українки, МОН України, Луцьк, – 2025. – 46 с.

У бакалаврській роботі розглянуто методологічні засади проектування геоінформаційних систем і картографічного моделювання гідрологічних об'єктів, розроблено ГІС оперативного геоекологічного моніторингу стану поверхневих вод та управління річковим басейном Усті, встановлено і детально охарактеризовано фізико-географічні особливості, геологічні, гідрогеологічні, гідрологічні, геоморфологічні, кліматичні, ландшафтні і ґрунтові умови досліджуваної території, проаналізовано і узагальнено результати моніторингових спостережень якості поверхневих вод басейну річки Устя, виконано оцінку масштабів та наслідків антропогенного впливу на об'єкт дослідження, а також побудовано серію тематичних карт стану поверхневих вод басейну річки Устя за встановленими геоекологічними показниками.

Ключові слова: *геоінформаційне забезпечення, геоінформаційна система (ГІС), поверхневі води, річковий басейн, моніторинг, геоекологічні показники, картографічне моделювання.*

Annotation

Tkachuk Yu.O. GIS-support for monitoring studies of the geoecological state of surface waters of the Ustya River basin. Qualification work on the rights of the manuscript. – Lesya Ukrainka Volyn National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lutsk, – 2025. – 46 p.

In the bachelor's thesis the methodological principles of designing geographic information systems and cartographic modeling of hydrological objects are

considered, GIS for operational geoecological monitoring of surface water state and management of the Ustya River basin has been developed, the physical and geographical features, geological, hydrogeological, hydrological, geomorphological, climatic, landscape and soil conditions of the studied territory are established and described in detail, the results of monitoring observations of the quality of surface waters of the Ustya River basin are analyzed and summarized, an assessment of the scale and consequences of anthropogenic impact on the object of research was carried out, and a series of thematic maps of the state of surface waters of the Ustya River basin based on established geoecological indicators are constructed.

Key words: *geographic information support, geographic information system (GIS), surface waters, river basin, monitoring, geoecological indicators, cartographic modeling.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ РІЧКИ УСТЯ.....	5
1.1. Загальна характеристика об'єкта дослідження.....	5
1.2. Гідрографічна мережа об'єкта дослідження.....	8
1.3. Геологічні умови об'єкта дослідження.....	10
1.4. Гідрогеологічні умови об'єкта дослідження.....	11
1.5. Геоморфологічні умови об'єкта дослідження.....	11
1.6. Кліматичні умови об'єкта дослідження.....	15
1.7. Ландшафтні умови об'єкта дослідження.....	16
1.8. Ґрунтові умови об'єкта дослідження.....	17
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ РІЧКИ УСТЯ.....	19
2.1. Історія моніторингових спостережень об'єкта дослідження	19
2.2. Моніторинг якості поверхневих вод об'єкта дослідження.....	22
2.3. Оцінка антропогенного впливу на об'єкт дослідження.....	26
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ РІЧКИ УСТЯ	28
3.1. Обґрунтування мети створення геоінформаційної системи.....	28
3.2. Концептуальне проектування геоінформаційної системи.....	30
3.3. Фізичне проектування геоінформаційної системи.....	32
3.4. Методологічні засади водно-екологічного картографування.....	34
3.5. Картографічне моделювання об'єкта дослідження.....	39
ВИСНОВКИ.....	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	44

ВСТУП

Актуальність дослідження. Вода є одним з фундаментальних природних утворень, що визначає характер і перебіг переважної більшості природних процесів на Землі, зокрема відіграє вирішальну роль у виникненні та розвитку життя на планеті. Разом з тим вона є одним з визначальних чинників господарського освоєння території, безпосередньо впливаючи на процеси розміщення і спеціалізації виробництва.

Важко переоцінити роль води в екологічному аспекті як основної передумови існування всіх форм органічного світу. На сучасному етапі розвитку людства склалась достатньо складна ситуація з водними ресурсами, що частково зумовлюється природними чинниками, однак головним чином викликана комплексом антропогенних причин.

Особливо складною є ситуація з водокористуванням та охороною поверхневих вод. Проблеми водних ресурсів виникають через неконтрольований скид у водні об'єкти стічних вод, що містять речовини, або продукти їх трансформації у воді, для яких встановлені ГДК, а також речовини, для яких не розроблені методи аналітичного контролю стічних вод, що можуть бути усунені шляхом організації безстічного виробництва, застосування раціональної технології максимального використання у системах зворотного очищення та знезаражування [22, 23].

Система підтримки прийняття рішень щодо управління водними об'єктами повинна базуватися на сучасних досягненнях геоінформаційних технологій та веб-картографії [20]. Основним завданням проектованої ГІС управління річковим басейном є можливість збору даних і створення бази даних, введення їх в комп'ютерне середовище, збереження, опрацювання, перетворення і видачі за запитом користувача у формі карт, таблиць, графіків, діаграм.

Територією Рівненської області протікає 170 річок і 1204 невеликих водотоків загальною довжиною 4.45 тис. км, однією з яких є р. Устя, екологічний стан поверхневих вод якої викликає неабияке занепокоєння [5, 6].

Метою даного дослідження є обґрунтування методологічних засад проектування геоінформаційних систем і картографічного моделювання гідрологічних об'єктів та їх практичної реалізації шляхом розробки ГІС оперативного геоекологічного моніторингу стану поверхневих вод басейну річки Устя.

Мета дослідження передбачає вирішення наступних **завдань**:

- встановити фізико-географічні особливості, детально охарактеризувати геологічні, гідрогеологічні, гідрологічні, геоморфологічні, кліматичні, ландшафтні і ґрунтові умови досліджуваної території;
- проаналізувати і узагальнити результати моніторингових спостережень якості поверхневих вод басейну річки Устя, оцінити масштаби та наслідки антропогенного впливу на об'єкт дослідження;
- розробити структуру бази даних ГІС оперативного геоекологічного моніторингу та управління річковим басейном Усті;
- побудувати тематичні картографічні моделі стану поверхневих вод басейну річки Устя за встановленими геоекологічними показниками.

Об'єктом дослідження є поверхневі води басейну річки Устя.

Предметом дослідження є теоретико-методологічні засади розроблення проблемно-орієнтованої геоінформаційної системи на основі даних моніторингових спостережень геоекологічного стану поверхневих вод басейну річки Устя.

Очікувані результати. Розроблення і впровадження ГІС для водного кадастру дозволить полегшити та автоматизувати роботу, істотно розширить можливості використання топографічних і тематичних карт, які містять значні об'єми інформації, що необхідні для аналізу геоекологічного стану водних об'єктів, зокрема басейну річки Устя.

Практичне значення. Результати даного дослідження можуть бути практично реалізовані в подальшому при розробленні комплексної проблемно-орієнтованої геоінформаційної системи оперативного моніторингу геоекологічного стану поверхневих вод басейну річки Устя.

РОЗДІЛ 1

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ РІЧКИ УСТЯ

1.1. Загальна характеристика об'єкта дослідження

Об'єктом досліджень є поверхневі води басейну річки Устя [8, 9, 18]. Витік річки Устя знаходиться в районі селища Дермань. Початок річка бере з безлічі джерел, які чергуються з невеликими «блюдцями» в умовах заболоченої місцевості та великої кількості криниць. Ділянка витoku річки характеризується стрімкими схилами та ярами. Річка, на відстані 15 м від джерела, має ширину русла до 0.4 м, при своїй середній глибині до 0.2 м.

На відстані 3-5 км від умовного витoku річки ширина русла становить 3 м при середній глибині 0.6 м. Вода річки є брудною, мутною, з характерною білою плівкою на поверхні. Русло сильно мандрує. Заросле ряскою та очеретом, русло практично губиться на ділянці декількох сотень метрів. Ширина долини річки становить 100-150 м. Рослинність є однотипною, лучною та лучно-болотною. На території заплави зустрічаються окремі листяні дерева. Низька швидкість течії внаслідок сильного заростання русла очеретом та значна ступінь замулення, свідчать про процеси розкладу гниючих решток рослинності.

У такому вигляді річка протікає до села Лебеді, де всі меліоративні струмки, які знаходяться на території селища Дермань зливаються в один потік, який протікає, до селища Гільча Друга, де річка розбавляється водами джерела "Святого Миколая" та невеликого ставка, з якого регулярно скидають воду, тому говорити про забруднення ним поверхневих вод Усті не має сенсу, хоча при виході з невеличкої греблі ставка, вода активно змішуючись з ґрунтом набуває характерного темного кольору. Середня ширина русла становить 2 м, середня глибина – 4 м, середня швидкість – 0,4 м/с. Рослинність лучна та лучно-болотна. Середня ширина долини з лівого берега становить 120 м, з правого – 150 м.

Повноцінною річку вважають від с. Миротин Здолбунівського району. Русло на цій ділянці має субмеридіальний напрямок з незначними меандрами. По обох берегах до русла підходять сільськогосподарські угіддя. Русло розширюється й збагачується водою за рахунок невеликих приток, які функціонують лише в період випадання дощів, а в межень часто пересихають.

Не дуже широка заплава розпочинається приблизно від залізничного моста через канал – р. Устю. Вода є візуально чистою з повільною течією. Схили русла задерновані. Ширина русла, в середньому, наближається до 6 м.

На території заплави в районі села Івачково поблизу автомобільної дороги Івачково-Копитків розміщується штучне водоймище площею 30000 м². Долина в цьому районі розорана. На лівому березі організована охоронна зона шириною 5-6 м.

Розширення русла (до 5 м) за рахунок нової притоки відбувається нижче села Івачково. Долина ріки при цьому має ширину 350-400 м. Візуально вода є помірно забрудненою. Швидкість течії мала, тому її майже не помітно. Характер забруднення річки зумовлений наявністю числених меліоративних каналів, що з'єднуються й впадають до основного русла. Поступово мутність води у річці зменшується.

Неподалік (західніше) залізничної станції Семирічка русло звужується до 3 м. Долина стає заболоченою, а швидкість води – незначною. Вода відносно чиста. Наявність оглядових та скидних колодязів на території долини свідчить про її задернованість.

З Новомильського ставу річка витікає двома невеликими струмками.

Внаслідок високого залягання крейдових відкладів долина річки у районі селища Здовбиця звужується.

На ділянці Здолбунівської промислово-залізничної агломерації вода забруднюється промисловими та побутовими стоками. У цьому районі споруджено Старомильське водоймище, з якого витікає Устя. Ширина русла становить 10-20 м. Воно сильно заросло очеретом й досить активно меандрує.

На всій ділянці від міста Здолбунів до Басівкутського озера на лівому березі Усті розміщені стихійні сміттєзвалища промислових та побутових відходів.

Від Басівкутського озера, вздовж усієї довжини протікання по місту Рівне, річка зазнає значного антропогенного навантаження, зокрема скидів підприємств, несанкціонованих скидів забруднень комунальних господарств міста, скидів приватного сектору тощо.

Витікаючи за межі міста Рівне, річка розгалужується на дві частини в районі села Шпанів. Між цими двома розгалуженнями створені ставки-відстійники.

В районі північно-східної околиці села Великий Олексин річка різко повертає на захід. Ширина долини становить 100-150 м. Далі, вниз за течією долина поступово розширюється й починаючи від мосту на дорозі Великий Олексин-Хотинь, досягає ширини 400 м. По всій долині річки, де поблизу розміщені приватні сільськогосподарські угіддя, розташовані смітники.

Розширення долини та заплави річки відбувається від села Великий Олексин до села Грабів, де русло повільно розширюючись вільно меандрує.

В районі Обарівських відстійників встановлено ділянки впливу нафтопродуктів та смітники, які безпосередньо знаходяться в межах заболоченої заплави річки. На протязі всієї долини, в межах населених пунктів, які безпосередньо розміщені поблизу долини, відзначається побутове забруднення.

Починаючи від хімічного комбінату "Азот" і до впадіння річки у Горинь, долина розширюється і практично зливається з долиною річки Горинь. На цій ділянці заплава р. Усті, а також перша надзаплавна тераса інтенсивно меліоровані. Землі долини, які використовуються як господарські угіддя, слідів техногенного забруднення не мають. Неорганізовані смітники відмічені в районі с. Оржів.

1.2. Гідрографічна мережа об'єкта дослідження

Гідрографічна мережа басейну ріки Устя є помірно розвиненою [19]. Згідно офіційних даних, сучасна довжина річки Устя складає 68.9 км. Річка має 29 приток та струмків загальною довжиною 244.2 км. Найбільшими притоками є р. Спасівка – 26.35 км, р. Кунин – 16.05 км та річка без назви – 13.85 км. При цьому в межах частини басейну річки налічується 11 приток загальною довжиною 45.03 км. Основні характеристики гідрографічної мережі об'єкта дослідження наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Основні характеристики гідрографічної мережі р. Устя

Характеристика	Одиниці вимірювання	Основна р. Устя	Притоки, довжиною понад 10 км		
			р. Спасівка	р. Кунин	р. б/н
Місце впадіння		Горинь	Устя	Устя	Устя
Притока		ліва	ліва	ліва	права
Довжина	км	65.70	26.35	16.05	13.85
Відмітки:					
- витоку	м	300.0	260.0	280.0	265.0
- гирла	м	166.8	186.3	187.4	192.0
Падіння	м	133.2	73.70	92.6	73.00
Середній похил	м/км	2.027	2.797	5.769	5.270
Площа водозбору	км ²	755.0	124.0	76.0	71.0
Середня висота водозбору	м	216.95	217.19	215.82	217.55
Довжина річкової мережі:					
- річки довжиною понад 10 км	км	56.25	26.35	16.05	13.85
- річки довжиною до 10 км	км	135.0	46.0	42.0	47.0
Коефіцієнт густоти річкової мережі:					
- річки довжиною понад 10 км	км/км ²	0.16	0.21	0.21	0.20
- річки довжиною до 10 км	км/км ²	0.53	0.37	0.55	0.66

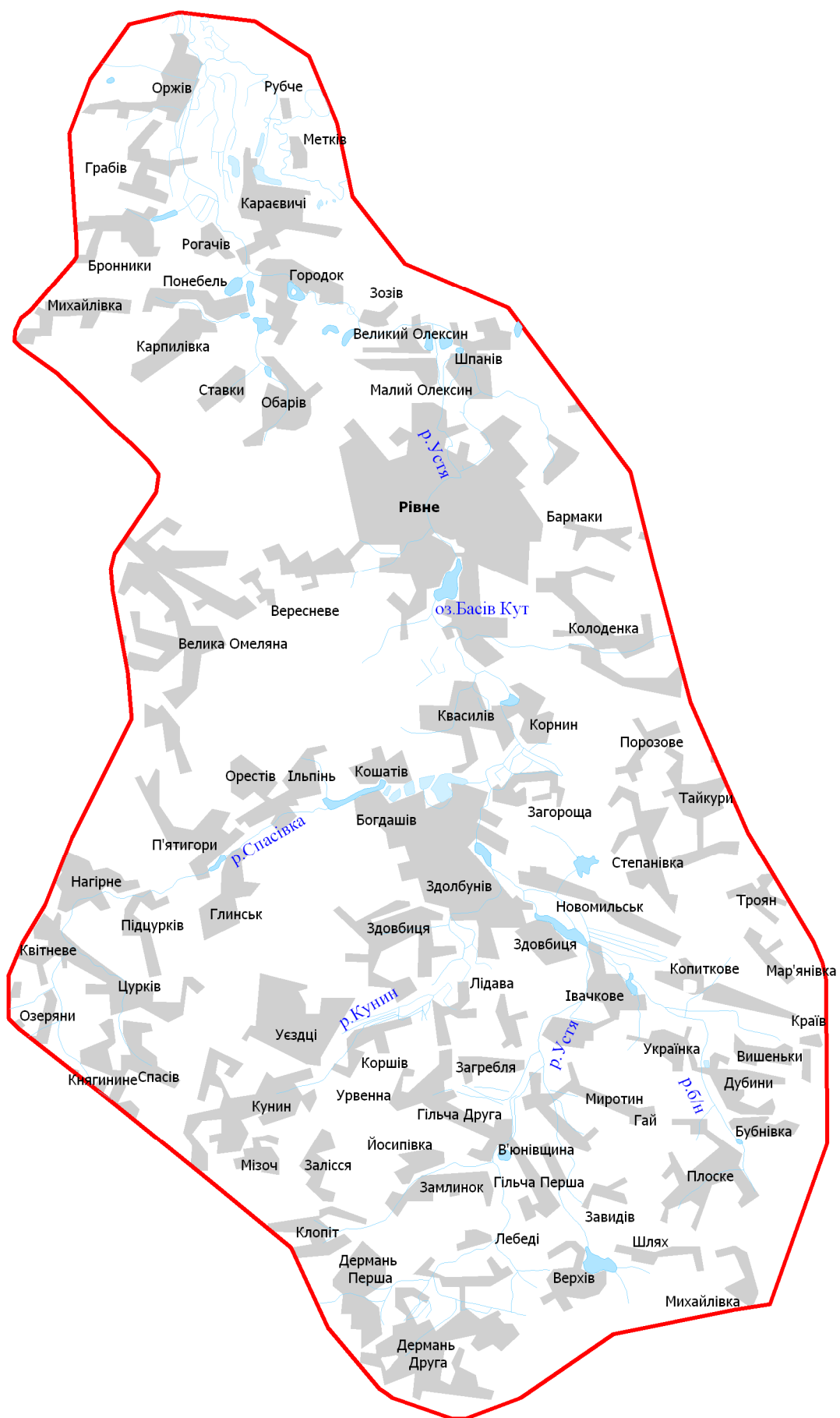


Рис. 1.1. Схема гідрографічної мережі басейну р. Устя

1.3. Геологічні умови об'єкта дослідження

В геологічному відношенні басейн р. Устя складений відкладами четвертинного та верхньокрейдового періодів. Глибина залягання верхньокрейдових відкладів туронського ярусу становить 0-0.6 м та більше, а в їх літологічному складі переважають крейда і мергель.

Геологічні умови об'єкта дослідження наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Геологічні умови басейну р. Устя

Геологічний вік порід	Геологічний індекс	Район поширення	Глибина залягання, м	Товщина, м	Літологічний склад порід
Четвертинний від середнього до сучасних відділів	Q	повсюди	від поверхні	6.0-18.0	торф, оторфований суглинок, пісок, супісок
Нижній неоген сарматський ярус	N ₁ S	верхів'я басейну, південно-східна частина	0-28	7.0-15.0	піски, глини, вапняки
Верхньо-крейдові відклади туронського ярусу	K _{2t}	правий схил долини р. Устя	0-6.0 та більше	5.0-70.0	крейда, мергель
Крейдяна система сеноману	K _{2cm}	підстилка крейдяних відкладів	30-105	3.0-10.0	пісковики, піски з галькою
Верхній протерозой, валдайська серія	PR ₂	повсюди підстилка крейдяних відкладів	10-100	60.0-150.0	алевроліти, аргіліти, пісковики

Основні риси геологічної будови басейну ріки Устя зумовлені тим, що глибина базису ерозії досягає відкладів канилівської серії венду, де на незначних ділянках під відкладами антропогену залягають пісковики, алевроліти та аргіліти, які є материнськими породами для алювіальних утворень. Своєрідну бровку басейну річки утворюють неогенові відклади, які в свою чергу перекриваються утвореннями лесової формації антропогену.

1.4. Гідрогеологічні умови об'єкта дослідження

У гідрогеологічному відношенні басейн річки Устя розташований на східному схилі Львівсько-Волинського артезіанського басейну. Майже вся територія басейну річки знаходиться у межах гідрологічного підрайону розвитку вод на породах крейдяного і кембрійського періодів, крім крайньої південної частини басейну, яка знаходиться у межах гідрологічного підрайону розвитку вод на породах крейдяного, ордовіцького і силурійського періодів.

Водоносні горизонти приурочені до шарів відкладів четвертинного, неогенового та верхньокрейдяного періоду, а також до шарів відкладів верхнього протерозою.

Першим від поверхні регіональним водопідпірним горизонтом є мергелево-крейдяний шар товщиною 8.0-70.0 м, що поширюється практично по всій території басейну.

Місцеві водопідпори сформовані неогеновими глинами з товщиною шару 2-15 м, що розміщені на схилах долини північно-східної частини басейну та залягають на глибині 8-16 м та пластичні мергелі з товщиною шару 3-7 м, що розміщені на схилах долини та вододілах і залягають на глибині 11-40 м.

1.5. Геоморфологічні умови об'єкта дослідження

Басейн річки Устя розташований в межах Луцько-Рівненської лесової височини яка, в свою чергу, відноситься до Волинської височини, будова поверхні якої різко контрастує з прилеглими поліськими територіями. Витягнута у субширотному напрямку височина чіткими уступами відмежовується від Волинського Полісся на півночі та від Малого Полісся (вздовж лінії Пляшева-Птича-Дубно-Соснівка-Будераж-Острог) на півдні. На заході височина продовжується за межами області, а її східна межа умовно проходить вздовж лінії Великі Межирічі-Світанок-Сінне.

У структурному відношенні Волинська височина відповідає Волино-Подільській плиті, тобто характеризується сходинкоподібним зануренням кристалічного фундаменту у західному напрямку і моноклінальним падінням пластів палеозойського та верхньомезозойського покривів у тому ж напрямку.

Геологічну основу сучасної поверхні Волинської височини становить розмита поверхня верхньокрейдяних відкладів, які місцями перекриваються пісковиками та вапняками нижнього сармату. Найважливішою особливістю геологічної будови височини є майже суцільне поширення лесовидних суглинків. Саме розвиток нестійких до розмиву лесових комплексів слід розглядати як одну з головних передумов формування яружно-балкового рельєфу на території басейну, який є найпоширенішим типом всієї сучасної поверхні південної частини Рівненщини і визначає її загальну горбисту, подекуди пасмову, будову.

Загальний похил території північно-західний, абсолютні відмітки її поверхні становлять 164-210 м а глибина базису ерозії – 5-27 м. Значне місце у сучасному рельєфі басейну займають долинні форми, створені річковою системою Усті. Вздовж долини річки та її основних приток простежуються заболочені заплави, часом дуже широкі, та фрагменти супіщано-суглинкових перших надзаплавних терас. Простежується тектонічна зумовленість не тільки напрямків основних річкових долин, що перетинають Волинську височину, але й розміщення "вузлів" сучасної ерозійної діяльності, де зосереджені активні яружні системи.

Перша надзаплавна тераса ріки розміщується в районі селищ Загребля-Межирічі. Нижче, за течією, перша надзаплавна тераса витягується вузькою смугою від смт. Квасилів до впадіння в р. Горинь (район смт. Оржів). Залишки першої надзаплавної тераси збереглися в районі с. Шпанів.

На ділянці долини від с. Олексин до с. Караєвичі заплава різко звужується і на деяких ділянках не перевищує ширини 100 м. Русло меандрує. Від с. Караєвичі до смт. Оржів, власне до впадіння Усті в Горинь, заплава різко розширюється, досягаючи ширини 2.0-2.5 км. Течія води є повільною, похил русла 0.2-0.5 м/км. Лівий берег долини є крутим, а правий – виположеним.

Геоморфологічні особливості в комплексі з іншими чинниками обумовлюють величину стоку ріки і винесення твердої фази різноманітних літологічних видів порід, що утворюють донні відклади її русла.

В долині річки Устя можна виділити 4 ділянки, що відрізняються за особливостями поширення типів й форм рельєфу:

- Мізоцьку, де формуються витoki Усті та її лівої притоки р. Спасівки (Спасів), яка характеризується найбільшими абсолютними висотами, інтенсивним розвитком ерозійних процесів (в тому числі й активним сучасним яроутворенням);
- Гільчо-Здолбунівську, де Устя перетинає широку заболочену рівнину, що характеризується переважанням процесів акумуляції і сучасного заболочування;
- Корнин-Бронниківську, звужену ділянку долини з переважанням деструктивних процесів, особливо в окремих локальних структурах, з якими пов'язане сучасне яроутворення (Обарівська)
- Оржівську, де долина Усті стрімко повертає на північ, утворюючи разом з лівобережними терасами Горині єдиний алювіальний комплекс, що характеризується переважанням акумулятивних процесів та заболоченням.

Геоморфологічні умови долини, заплави і русла об'єкта дослідження наведені у таблицях 1.3-1.5.

Таблиця 1.3

Геоморфологічні умови долини р. Устя

Характеристика	Один. вимір.	Основна р. Устя	Притоки, довжиною понад 10 км		
			р. Спасів	р. Кунин	р. б/н
Тип долини	-	алювіально-аккумулятивний			
Абсолютні відмітки	м	165.8-207.6	188.5-198.3	-	191.4-200.8
Ширина	м	90-152	80-280	120-760	70-255
Глибина базису ерозії	м	7-18	11-27	-	5-7
Стрімкість схилів	°	1-5	2-5	1-3	-

Таблиця 1.4

Геоморфологічні умови заплави р. Устя

Характеристика	Один. вимір	Основна р. Устя	Притоки, довжиною понад 10 км		
			р. Спасів	р. Кунин	р. б/н
Тип заплави		аккумулятивна	ерозійно-аккумулятивна		
Абсолютні відмітки	м	165.8-207.6	188.5-198.3	-	191.4-200.8
Ширина	м	80-1500	80-280	120-760	70-255
Відносна висота над середньомеженним рівнем води	м	1.0-3.5	0.4-0.7	0.5-1.0	0.4-0.6
Глибина затоплення при максимальних в рік витратах забезпеченістю:					
- 1 %	м	0.3-0.5	0.2-0.3	0.2-0.3	0.2-0.3
- 5 %	м	0.1-0.4	0.1-0.2	0.1-0.2	0.1-0.2
- 25 %	м	—	—	—	—
Час затоплення	діб	3-8	1-7	1-7	1-7

Таблиця 1.5

Геоморфологічні умови русла р. Устя

Характеристика	Один вим.	Основна р. Устя	Притоки, довжиною понад 10км		
			р. Спасів	р. Кунин	р. б/н
Тип русла		вільно меандр. в нижн. течії	відрегульований	відрегульований	вільно меандр.
Ширина	м	5-15	2-6	2-6	3-7
Глибина на:					
- плесах	м	0.7-1.4	0.2-0.5	0.2-0.6	0.3-0.8
- перекатах	м	0.2-0.7	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3
Швидкість течії:					
- плесах	м/с	0.1-0.3	0.1-0.2	0.1-0.2	0.1-0.2
- перекатах	м/с	0.2-0.4	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3
Замулювання русла	м	0.1-0.3	0.1-0.2	0.1-0.2	0.1-0.2
Відносна довжина ділянок русла:					
- випрямлених	%	20	70	80	10
- обвалованих	%	—	—	—	—
- в підпертому стані	%	10	5	—	25

1.6. Кліматичні умови об'єкта дослідження

Клімат басейну р. Устя помірно-континентальний з м'якою вологою зимою та неспекотливим літом. Серед основних чинників, що зумовлюють формування й особливості клімату басейну виділяються сонячна радіація, атмосферна циркуляція та характер підстилаючої поверхні. Усі вони діють постійно, але кліматоутворювальна роль кожного з них виявляється неоднаково у різні сезони року та у різних частинах області.

Основні кліматичні характеристики об'єкта дослідження наведені у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Кліматичні умови р. Устя

Місяці												Рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Температура повітря, °С												
-5.4	-4.4	0.0	6.9	13.5	16.9	18.5	17.3	13.0	7.4	1.8	-2.6	6.9
Відносна вологість повітря, %												
84	83	78	70	64	66	70	74	78	82	88	87	77
Опади, мм												
50	52	46	41	58	72	83	77	53	50	52	49	683

Максимальна та мінімальна температури повітря, що зареєстровані за весь період спостережень складають, відповідно, +38°C та -36°C.

Середня відносна вологість складає 77%, а кількість посушливих днів з відносною вологістю повітря менше 30% складає, в середньому 7.0 на рік.

Добовий максимум опадів складає 106 мм, а середній шар опадів 77 мм. Сніговий покрив в басейні формується на 80% взимку, а його середня висота становить 14 см, максимальна – 51 см. Найбільша глибина промерзання ґрунту досягає 106 см.

Переважаючими є вітри західного та північно-західного напрямків. Середня річна швидкість вітру складає 4.8 м/с. Середній шар випаровування з водної поверхні складає 550 мм.

У холодну пору року переважає хмарна погода. Небо похмуре, хмарне. У денні години небо закрите хмарами в грудні – 88%, у січні – 82%, лютому – 76% часу від місячної тривалості світлової частини доби. Починаючи з березня цей показник зменшується від 65% до 44-46% у червні, липні та серпні, а потім знову зростає.

Вітровий режим тісно пов'язаний з атмосферною циркуляцією та характером підстильної поверхні.

Запаси вологи в ґрунті формуються під впливом погоди, ґрунту та рослинного покриву. На зволоження ґрунту впливають рельєф та глибина залягання ґрунтових вод. Досліджуваний регіон басейну річки Устя розташований в зоні достатнього зволоження. Річний максимум запасів вологи при близькому заляганні ґрунтових вод спостерігається у кінці зими та навесні і нерідко перевищує повну вологомісткість ґрунту.

1.7. Ландшафтні умови об'єкта дослідження

Басейн річки Устя розміщений на території трьох природних ландшафтних районів. Більша частина району розташована в межах Рівненського ландшафтного району, крайня північна частина басейну знаходиться в Костопільському ландшафтному районі, а витік річки – в Мізоцькому ландшафтному районі. В межах Рівненського ландшафтного району виділяється місцевість лесових межиріч з балочним рельєфом, що зайнята орними землями на опідзолених чорноземах і займає понад 90 % від усієї території басейну.

Ландшафти Волинської височини, до якої належить даний басейн характеризується наступним значним поширенням лесовидних суглинків, які є материнською породою ґрунтів чорноземного типу; значними абсолютними й відносними висотами та пов'язаним з ними глибоким розчленуванням поверхні річковими долинами, балками й ярами. Майже на всій площі височини поширені ерозійні процеси.

У басейні річки Устя поширені заплавно-лучні ландшафти (заплави, вкриті справжніми різнотравно-злаковими луками).

Характерними рисами Рівненського природного району є низька лісистість (до 7 %), незначні коливання відносних висот, що зумовлює поширення рівнинних і слабо-горбистих місцевостей, хоча абсолютні висоти, в середньому, досягають майже 250 м над рівнем моря.

1.8. Ґрунтові умови об'єкта дослідження

Ґрунтовий покрив у басейні річки Устя відзначається значною різноманітністю, як за генезисом, механічним складом, водно-фізичними властивостями, так і за родючістю. На території басейну виявлено 16 ґрунтових відмін, які об'єднуються в 4 основні типи опідзолених, чорноземних, лучних та болотних ґрунтів (табл. 1.7).

Основними чинниками, що обумовлюють стан структури ґрунтів є ерозійні процеси, застосування важкої техніки та внесення добрив. Вплив ерозійних процесів виявляється у зменшенні потужностей гумусових горизонтів та розпиленням їх структури.

Сірі підзолисті слабо- й середньозмиті легкосуглинкові ґрунти на лесовидних суглинках мають вміст гумусу 1.1-2.1 %. У механічному складі переважають фракції середнього й крупного пилю, що негативно позначається на агрофізичних властивостях ґрунтів, зумовлюючи слабку водопроникність і недостатню аерацію.

Темно-сірі легкосуглинкові ґрунти є найбільш близькими до опідзолених чорноземів, однак відрізняються специфічними зовнішніми морфологічними ознаками, а також фізичними та хімічними властивостями.

Чорноземи суглинкові на лесовидних суглинках містять до 5 % гумусу, мають добре виражену дрібнозернисту структуру й більш високу ємність поглинання – 40-60 мг-екв на 100 г ґрунту.

Профіль лучно-чорноземних ґрунтів відрізняється від типових чорноземів, вони є багатшими за вмістом гумусу, мають ознаки оглеєності в підгумусовому горизонті.

Торф'яні низинні замулені ґрунти мають потужність гумусових горизонтів 100-500 см, а вміст гумусу в них становить 10-15 %.

Еродовані ґрунти ярів та балок мають значно меншу потужність гумусового шару порівняно із іншими ґрунтами басейну – 15-18 см, а вміст гумусу в них становить 0.5-0.7 %.

Таблиця 1.7

Ґрунтові умови басейну річки Устя

Назва ґрунту	Площа		Потужність гумусового горизонту, см	Вміст гумусу, %	Втрати від ерозії, т/га в рік	Оцінка проти - ерозійної стійкості	Ґрунтово-захисна ефективність рослинності	Фактичні втрати ґрунту в результаті ерозії, т/га в рік	ГДН ерозії, т/га в рік
	га	%							
Сірі опідзолені слабо й середньозмиті легкосуглинисті на лесовидних суглинках	25900	34	20-31	1.1-2.1	14-20	слабка	0.6	6-12	2-3
Темно-сірі легко суглинисті на лесовидних суглинках	14770	19	26-39	1.3-2.5	5-7	середня	0.9	4-6	3-4
Чорноземи слабозмиті суглинисті на лесовидних суглинках	11600	15	36-60	2.7-3.8	25-29	середня	0.5	12-15	4-5
Чорноземи слабозмиті суглинисті на лесовидних суглинках	7900	10	45-85	3.5-5.0	6-9	добра	0.8	5-7	5-6
Лучно-чорноземні середньо суглинисті на суглинках	5850	8	45-95	4.1-5.8	1-2	добра	0.9	1-2	5-6
Торф'яні низинні замулені	6150	8	100-500	10-15	1-2	слабка	0.8	1-2	1-2
Еродовані ґрунти ярів та балок	4030	6	15-18	0.5-0.7	31-45	дуже слабка	0.3	10-15	2-3
Всього по басейну	76200	100							

РОЗДІЛ 2

ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ РІЧКИ УСТЯ

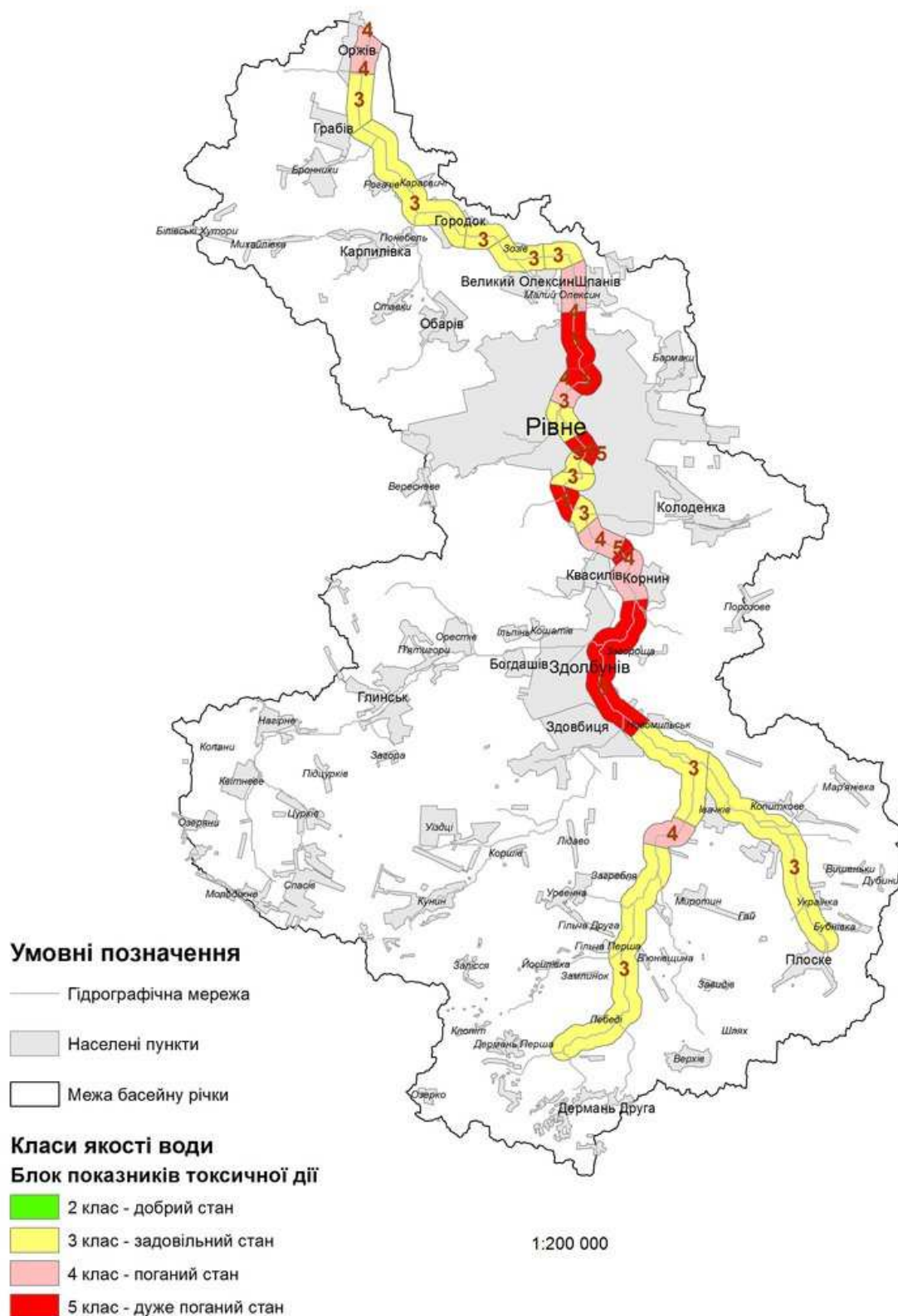
Річка Устя є лівою притокою р. Горинь, що впадає у неї поблизу смт. Оржів. Вона бере свій початок на Здолбунівщині, а її протяжність в межах території області становить 65.7 км. Річка протікає через 19 населених пунктів і має 29 приток [18].

2.1. Історія моніторингових спостережень об'єкта дослідження

У 1991 році науковцями Рівненського відділу географічного товариства УРСР та кафедри геології та гідрогеології тодішнього УПВГ були проведені моніторингові дослідження гідроекологічного стану поверхневих вод Рівненської області і сформовано звіт про його результати, у якому зазначалось, що води р. Усті інтенсивно забруднюються як промисловими, так і сільськогосподарськими стоками, а у висновках подано рекомендації щодо проведення водозахисних заходів. З 1986 року періодично фіксується вміст кисню у воді нижче необхідного санітарного мінімуму і практично постійне забруднення сполуками азоту і нафтопродуктами [19].

У 2018 році на замовлення Департаменту екології та природних ресурсів співробітниками кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства НУВГП з метою оцінки стану води річки Устя та поліпшення її якості було розроблено програму і проект «Наукові дослідження з відновлення і підтримки сприятливого гідрологічного режиму та санітарного стану басейну річки Устя». У рамках проекту було створено карту якості поверхневих вод р. Устя за блоком токсикологічних показників (рис. 2.1), де води річки віднесено до одного з п'яти класів: від чистої джерельної води (1 клас) до фактично стічних вод (5 клас). Зокрема, води річки Устя відносяться до 3-5 класу: у Здолбунові вода у дуже поганому стані (5 клас), після Здолбунова річка трохи оживає, далі – Квасилів, очисні споруди (5 клас), тоді фрагмент 4 класу, що закінчується озером Басів Кут (5 клас).

Якість поверхневих вод р. Устя за блоком токсикологічних показників



**Рис. 2.1. Якість поверхневих вод річки Устя
(за блоком токсикологічних показників)**

У 2021 році в НУВГП відбувся круглий стіл, учасники якого звернулися до міського голови Рівного з прохання вберегти річку Устю та Басівкутське озеро від забруднення. У тексті, зокрема, йшлося про створення комунального підприємства «Плеса», яке б опікувалося водоймами громади, однак станом на 2025 рік його так і не створили, тобто далі ідей з очищення річки Усті і озера Басів Кут справа не пішла.

Хімлабораторією Рівненського обласного центру з гідрометеорології щомісячно проводиться відбір та дослідження проб води р. Устя у двох створах: 20.5 км вище м. Здолбунів (автодорожній міст дороги на м. Острог) та 2.5 км нижче м. Рівне (в межах с. Малий Олексин) [8, 9].

Останніми роками спостерігається зменшення водності водних об'єктів, що натеper становить менше 20% від її середньої багаторічної норми. Причиною такого явища є поступова зміна клімату. Річки мають властивість до самоочищення за умови забезпечення їх повноводності, коли рівень води досягає відмітки 100% і особливо при паводках. У випадках, якщо рівень води знижується до 20%, весняне водопілля майже не спостерігається, а за умови інтенсивного скиду стічних вод і перевантаження очисних споруд, концентрація викидів уп'ятеро перевищує допустимі санітарні норми. Відповідно уп'ятеро зменшується можливість їх самоочищення. Особливо критична ситуація спостерігається влітку при підвищенні температури повітря і води, коли риба і вся живність гине через дефіцит розчиненого у воді кисню.

В пробах води р. Устя, особливо в межах с. Малий Олексин, постійно спостерігаються перевищення ГДК (гранично допустимих концентрацій) таких інгредієнтів як азотисті сполуки (азот амонійний, азот нітритний); – біохімічне споживання кисню (БСК), хімічного споживання кисню (ХСК), завислих речовин і шестивалентного хрому. Причиною такого стану є те, що з підвищенням температури води концентрація кисню у воді зменшується до 2 мг/дм³, хоча відповідно до норм вона повинна бути не меншою 6 мг/ дм³.

Фактичний критичний стан якості води р. Устя зумовлений передусім низькою швидкістю її течії, невеликою глибиною річки, високою замуленістю

дна, інтенсивним антропогенним впливом, зокрема санкціонованими і несанкціонованими стоками в річку (залпові викиди вигрібних ям (септиків) приватного сектору) і гнилісними процесами [22, 23].

Співробітниками комплексної лабораторії спостережень за станом забруднення НПС Рівненського обласного центру з гідрометеорології проводяться моніторингові спостереження за забрудненням води р. Устя в межах села Великий Олексин за 19 показниками: температура; pH; біохімічне споживання кисню; хімічне споживання кисню; електропровідність; прозорість; вміст розчиненого у воді кисню; кальцію; магнію; гідрокарбонатів; хлоридів; сульфатів; натрію; калію; нітрогену амонійного; нітрогену нітритного; нітрогену нітратного; фосфору загального; фосфору мінерального.

2.2. Моніторинг якості поверхневих вод об'єкта дослідження

Водні ресурси басейну р. Устя натеper використовуються досить інтенсивно. Найбільшими водоспоживачами та забруднювачами води є Здолбунівське ВАТ «Волинь-цемент» та РОВКП ВКТ «Рівнеоблводоканал» (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Обсяги скидів зворотних вод та забруднюючих речовин водокористувачами-забруднювачами р. Устя

Назва водокористувача-забруднювача	2023 р.		2024 р.		2025 р.	
	об'єм скидання зворотних вод, тис. м ³	обсяг забруднюючих речовин, т	об'єм скидання зворотних вод, тис. м ³	обсяг забруднюючих речовин, т	об'єм скидання зворотних вод, тис. м ³	обсяг забруднюючих речовин, т
Здолбунівське ВАТ «Волинь-цемент»	135.0	БСК повне – 1.8; завислі речовини – 1.8; сульфати – 14.6; хлориди – 12.4; залізо – 0.02; фосфати – 0.2; нітрати – 2.3	134.9	БСК повне – 0.9; завислі речовини – 0.4; сульфати – 9.2; хлориди – 6.7; нітрати – 0.3	134.9	БСК повне – 1.4; завислі речовини – 1.1; сульфати – 13.4; хлориди – 3.5; нітрати – 0.6
Підприємство ОВДКП «Рівнеоблводоканал»	9125.0	БСК повне – 182.0; завислі речовини – 136.9; сульфати – 266.5; хлориди – 1353.3; азот амонійний – 20.1; залізо – 1.55; фосфати – 55.39	9268.5	БСК повне – 180.5; завислі речовини – 163.8; сульфати – 569.1; хлориди – 478.9; азот амонійний – 18.7; залізо – 2.9; фосфати – 49.7; нітрати – 55.4	134.0	БСК повне – 1.0; завислі речовини – 19.1; сульфати – 4.0; хлориди – 0.6; фосфати – 10.3; нітрати – 0.4

Рівень забруднення поверхневих вод на цих об'єктах визначається за наступними гідрохімічними показниками: температура, прозорість, запах, кольоровість, завислі речовини, лужність, жорсткість, розчинний кисень, БСК (біохімічне споживання кисню), ХСК (хімічне споживання кисню), сухий залишок, нафтопродукти, аніонні СПАР, феноли, рН, іони кальцію, магнію, хрому, цинку, заліза, марганцю, амонію, міді, нікель, натрій, калій, літій, алюміній, хлорид-, нітрит-, сульфат-, нітрат-, фосфат-іони [13-15].

Значний вплив на зміну хімічного складу води мають стічні води промислових підприємств міста Рівне, Городоцької та Здолбунівсько-Квасилівської агломерацій, а також побутові стоки різного ступеня очистки великих та малих населених пунктів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Існуючі та потенційні джерела забруднення підземних вод р. Устя

Ділянка річки	Джерело забруднення	Вид забруднюючих речовин	Природний об'єкт, в який було зроблено скид
с. Бегень	ВАТ «Азот»	стічні води	р. Устя
міське звалище	Рівненське МКП	ціаніди	четвертинний водоносний горизонт
міське звалище	Здолбунівське МКП	ціаніди	четвертинний водоносний горизонт
с. Бегень	ставки-накопичувачі ВАТ «Азот»	фосфати, завислі речовини	четвертинний водоносний горизонт
с. Великий Олексин	поля фільтрації Шпанівського спиртзаводу	БСК, завислі речовини	четвертинний водоносний горизонт
с. Шпанів	відгодівельний КРС	гельменіти	четвертинний водоносний горизонт
с. Бегень	відвали ВАТ «Азот»	важкі метали	четвертинний водоносний горизонт
м. Рівне	нафтобаза	нафтопродукти	четвертинний водоносний горизонт
м. Здолбунів	хімзавод	аміак	четвертинний водоносний горизонт

Аналізуючи отримані дані спостережень забруднення поверхневих вод річки Устя різними компонентами, можна виділити певну закономірність. Майже із самого витoku (с. Дермань) якість поверхневих вод є дуже низькою. Найвищі рівні забруднення спостерігаються на ділянці річки від с. Миротин до м. Рівне. При цьому якість води поблизу с. Здовбиця дещо покращується за рахунок наявності великої кількості штучних водойм, тобто присутнє інтенсивне розбавлення вод (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Інструментально-лабораторний моніторинг якості поверхневих вод

Назва водного об'єкту	Кількість контрольних створів, в яких здійснювались вимірювання, од.		Відібрано та проаналізовано проб води, од.	Кількість показників, у тому числі забруднюючих речовин, що визначалися, од.	Кількість випадків та назва речовин з перевищенням ГДК, од.
	усього	з перевищенням ГДК			
р. Устя	10	10	12	29 (температура, запах, забарвлення, прозорість, завислі речовини, рН, розчинений кисень, лужність, сульфати, хлориди, кальцій, магній, твердість, сухий залишок, ХСК, БСК ₅ , амоній сольовий, нітрити, нітрати, фосфати, залізо, мідь, марганець, свинець, фториди, нікель, кадмій, цинк, хром)	2 – ХСК, 10 – БСК ₅ , 1 – нітрити, 4 – фосфати, 3 – залізо загальне, 2 – цинк, 2 – мідь, 3 – марганець
оз. Басів Кут	4	4	4	29 (температура, запах, забарвлення, прозорість, завислі речовини, рН, розчинений кисень, лужність, сульфати, хлориди, кальцій, магній, твердість, сухий залишок, ХСК, БСК ₅ , амоній сольовий, нітрити, нітрати, фосфати, залізо, мідь, марганець, свинець, фториди, нікель, кадмій, цинк, хром)	2 – БСК ₅ , 4 – нітрити, 1 – фосфати, 2 – залізо загальне, 4 – мідь, 4 – марганець

Нижче за течією від м. Рівне до гирла, річка не має змоги відновити якість поверхневих вод, оскільки не вистачає самоочисної здатності. Значне підвищення рівня забрудненості вод річки в межах м. Рівне відбувається за рахунок скиду стічних вод. Особливо чітко це видно із водопункту поблизу с. Малий Олексин. Показники якості в гирлі завдяки самоочищенню частково покращуються.

Одним із найпотужніших забруднювачів води є нітратний азот, який відноситься до III класу небезпечності хімічних елементів та сполук. Гранично допустима його концентрація для комунально-побутових потреб (ГДКк) становить 10.0 мг/дм^3 , а для рибогосподарських (ГДКр) – 9.2 мг/дм^3 . Значна концентрація нітратного азоту відзначається вже у спостережному пункті поблизу с. Дермань, що свідчить про значний вплив від ведення сільського господарства на річку. Максимальна концентрація в досліджуваній період становить 24.4 мг/дм^3 , тому вода відноситься до 6-го класу якості. Подальше зниження концентрації вздовж течії річки відбувається за рахунок інтенсивного розбавлення поверхневих вод. Розбавлення та самоочищення вод річки є неефективним в районі Рівненської агломерації, де у 2024 році спостерігався вміст нітратного азоту – 10.05 мг/дм^3 . Варто відмітити, що значне забруднення азотними сполуками відбувається за рахунок інтенсивного ведення сільського господарства, значної розораності долини річки, особливо в верхній частині річки (с. Миротин).

Максимальні значення концентрації завислих речовин у поверхневих водах р. Устя (16.3 мг/дм^3) і заліза (0.54 мг/дм^3) спостерігаються поблизу смт. Оржів, а величина рН у них вздовж всієї течії річки коливається в межах 7.38-8.23, що відповідає вимогам і нормам ДСТУ.

Слід відмітити забруднення ґрунтових вод, головним чином за рахунок стічних вод, що знаходяться в ставках-накопичувачах, відстійниках, на полях фільтрації, очисних спорудах. Значну небезпеку щодо забруднення підземних вод несуть невпорядковані склади отрутохімікатів і паливно-мастильних матеріалів, стихійні сміттєзвалища [7].

2.3. Оцінка антропогенного впливу на об'єкт дослідження

Антропогенні зміни в басейнах малих річок викликають зміну хімічного складу як поверхневих, так і підземних вод [3, 10]. Гідромеліоративні роботи 60-80-х років XX ст. значною мірою вплинули на хімічний склад та мінералізацію ґрунтових вод. Одним з найнебезпечніших чинників, в умовах антропогенних змін, є ерозійно-дефляційні процеси як наслідок науково необґрунтованого ведення господарства (порушення прийомів агротехніки, хімічне і механічне забруднення, знищення лісів, не завжди виправдане здійснення гідромеліоративних заходів тощо).

Оцінка антропогенних змін в басейнах малих річок підтверджує, що основними серед пріоритетних чинників його формування є еродованість і деградованість території поверхневою та лінійною ерозією, меліорація, вирубування лісів, переосушення ґрунтів, спрацювання торфового горизонту, порушення поверхні будівлями, прокладання каналів та доріг, забруднення ґрунтів тощо [17]. Таким кумулятивним показником для оцінки впливу є індекс антропогенних змін I_{AZ} , який визначається за формулою 2.1:

$$I_{AZ} = (K_C + K_E + K_{EG} + K_{CD} + K_{OC} + K_L + K_{BШ}) / n \quad (2.1),$$

де I_{AZ} – індекс антропогенних змін екологічної системи, балів; K_C – коефіцієнт стійкості басейнів малих річок; K_E – коефіцієнт еродованості території; K_{EG} – коефіцієнт еродованості ґрунтів, яка викликана лінійною і площинною водною ерозією; K_{CD} – середньозважений коефіцієнт вмісту гумусу; K_{OC} – коефіцієнт осушення ґрунтів внаслідок їх меліорації; K_L – коефіцієнт лісистості; $K_{BШ}$ – коефіцієнт порушення ландшафтів будівництвом та прокладанням шляхів; n – кількість параметрів, які визначають антропогенні зміни.

Визначення коефіцієнту стійкості басейну базується на використанні якісних та кількісних характеристик елементів ландшафтів, таких як території, які позитивно впливають на ландшафт та території з негативною дією [12]. Для території басейну річки Устя коефіцієнт $K_C = 0.28$, що свідчить про характер території з яскраво вираженою нестабільністю.

Коефіцієнт еродованості K_E визначається як відношення площі еродованих земель до площі басейну і становить 0.60.

Коефіцієнт еродованості ґрунтів, яка викликана лінійною і площинною водною ерозією K_{EG} визначається як середньозважений показник втрат від ерозії з відкритих площ і становить 16.20.

Використовуючи дані таблиці 1.5 обчислюється середньозважений коефіцієнт вмісту гумусу за формулою 2.2:

$$K_{CD} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i w_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad (2.2),$$

де p_i – площа окремого ґрунтового виділу в межах басейну; w_i – вміст гумусу в ґрунті. Таким чином,

$$K_{CD} = \frac{(25900 \cdot 2.1 + 14770 \cdot 2.5 + 11600 \cdot 3.8 + 7900 \cdot 5.0 + 5850 \cdot 5.8 + 6150 \cdot 15.0 + 4030 \cdot 0.7)}{76200} = 3.99$$

Коефіцієнти осушеності K_{OC} , лісистості K_L , порушення ландшафтів внаслідок будівництва $K_{БШ}$ визначаються аналогічно коефіцієнту еродованості і становлять відповідно 0.15, 0.08 і 0.14.

Індекс антропогенних змін обчислюється як

$$I_{AZ} = (0.28 + 0.60 + 16.20 + 3.99 + 0.15 + 0.08 + 0.14) / 7 = 3.06$$

Індекс антропогенних змін природного об'єкта може змінюватись в межах $0 < I_{AZ} \leq 6$. У випадку, якщо $I_{AZ} \leq 1$ – відбувається природне відновлення території, антропогенний вплив мінімальний або ж взагалі відсутній. Катастрофічним антропогенний вплив вважається при значенні $I_{AZ} > 5$. Отже, із визначеного показника антропогенного навантаження на територію басейну, а саме індексу антропогенних змін $I_{AZ} = 3.06$ випливає, що територія басейну піддається значному антропогенному впливу. Основним чинником впливу залишається значна еродованість ґрунтів, яка викликана лінійною і площинною водною ерозією внаслідок розорювання долини річки Устя та низького рівня заліснення території.

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ

ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ РІЧКИ УСТЯ

Прогрес суспільства неможливий без взаємодії із навколишнім середовищем, без використання природних ресурсів, й як наслідок, без впливу на довкілля [17].

Розвиток промислових підприємств, збільшення рівня хімізації сільського господарства, урбанізації в межах басейну річки Устя є визначальними чинниками, що впливають на оточуюче середовище: повітряний простір, водні та земельні ресурси, рослинний і тваринний світ. Внаслідок інтенсивного антропогенного навантаження змінився гідрохімічний та гідрологічний режим поверхневих та підземних вод, непоодинокими стали явища аварійних скидів забруднених стічних вод, виникають стихійні сміттєзвалища.

Оцінка фактичного рівня антропогенного навантаження на водні ресурси басейну річки Устя дозволяє виконати екологічну оцінку території басейну, встановити перелік основних забруднювачів, визначити рівні забруднення та масштаби погіршення стану навколишнього середовища.

3.1. Обґрунтування мети створення геоінформаційної системи

Геоінформаційні системи (ГІС) широко використовуються в різноманітних галузях науки, управління і господарства, у тому числі і для вирішення задач управління природними ресурсами [1, 2, 4]. Ефективність використання геоінформаційних технологій досягається поєднанням картографічних можливостей таких систем з відомостями, які розміщені в базах даних, можливостями виконання оперативного аналізу. Різномпланова інформація представляється у вигляді окремих шарів, а їхній спільний аналіз у різних комбінаціях дозволяє одержувати додаткову інформацію у вигляді похідних шарів і створювати оригінальні картографічні моделі [11].

Можливість інтеграції ГІС з проблемно-орієнтованими засобами моделювання суттєво розширюють діапазон їх застосування. Сьогодні таким чином виконується розробка моделей міграції забруднювачів в геологічному середовищі, атмосфері та гідросфері; повеневих ситуацій, розвитку екзогенних процесів – карсту, зсувів, підтоплення тощо [20].

Основним завданням створення ГІС є розробка методологічних засад створення уніфікованої бази даних, застосування якої дозволяє упорядкувати та зв'язати геопросторову і тематичну інформацію.

Створення ГІС забезпечує діалоговий режим обміну інформацією, що використовується для прийняття оптимальних управлінських рішень щодо мінімізації забруднення вод басейну р. Устя, створює передумови для оптимізації мережі водопунктів, моделювання і прогнозування стану річкового басейну.

Створена ГІС покликана вирішувати завдання [2]:

- проведення моніторингу підземної гідросфери;
- запобігання розвитку небезпечних екологічних процесів та їх наслідкам;
- прогнозування розмірів техногенного впливу на басейн річки Устя та прилеглі території;
- надання державним установам та регіональним відділенням ДСНС оперативної інформації для попередження надзвичайних ситуацій, що забезпечить:
 - можливість доповнення бази даних, редагування записів;
 - проведення геофізичних та геохімічних аналізів вмісту забруднюючих речовин на водопостах мережі спостережень;
 - аналіз динаміки вмісту забруднюючих речовин у поверхневих водах залежно від кількості атмосферних опадів;
 - представлення результатів моніторингових спостережень у вигляді текстових звітів, побудова графічних і картографічних моделей.

3.2. Концептуальне проектування геоінформаційної системи

На стадії концептуального проектування важливим є незалежність від конкретного ГІС-пакету, оскільки орієнтування на певне програмне забезпечення може обмежити свободу у визначенні мети створення моделей, які будуть реалізовуватися в ГІС-пакеті [1].

Основними етапами концептуального проектування є:

- визначення кінцевої мети використання ГІС;
- проектування рівня та детальності бази даних;
- визначення геопросторових елементів;
- визначення атрибутивних елементів;
- визначення джерел геопросторових та атрибутивних даних;
- встановлення хронологічних характеристик даних;
- визначення розмірів території, яку повинні охоплювати дані;
- встановлення реперів та точок ідентифікаторів для просторової локалізації даних.

Для забезпечення поставленої мети розробляється база даних, яку включено до ГІС-проекту. База даних містить таблицю із описом пунктів спостереження для відбору проб поверхневих вод та донних відкладів, таблицю із показниками забруднення та показниками хімічного складу води.

Основним просторовим елементом системи є пункти спостережень відбору проб поверхневих вод та донних відкладів, які розміщені вздовж течії річки Устя та її приток – річок Спасівка, Кунин та б/н (табл. 3.1.).

Якісне вирішення завдань моніторингових досліджень геоекологічного стану поверхневих вод басейну річки Устя забезпечується виконанням комплексу постійних спостережень, відбору проб на водопостах, їх геофізичного і геохімічного аналізу на основі аналітичних методів, точність яких забезпечується чітким переліком характеристик необхідних компонентів та їх обліку у чітко визначених одиницях вимірювання, що наводяться у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1

**Основні спостережні пункти відбору проб
поверхневих вод та донних відкладів р. Устя**

№ з/п	Спостережний пункт
1	витік р. Устя вище с. Дермань Друга Здолбунівського району
2	р. Устя 20 км вище м. Рівного (з мосту)
3	р. Устя нижче м. Здолбунів 0.5 км вище скиду о/с ВАТ «Волинь-цемент»
4	р. Устя нижче м. Здолбунів 0.5 км вище скиду о/с Квасилівської ділянки РОВКП ВКТ «Рівнеоблводоканал»
5	р. Устя в межах м. Рівне 0.2 км вище скиду РОВКП ВКТ «Рівнеоблводоканал» м. Рівне
6	р. Устя в межах м. Рівне 0.3 км нижче скиду РОВКП ВКТ «Рівнеоблводоканал» м. Рівне
7	р. Устя в межах с. Малий Олексин Рівненського району 1.3 км нижче скиду РОВКП ВКТ «Рівнеоблводоканал» 2 км нижче м. Рівне
8	р. Устя в межах смт. Оржів Рівненського району 0.7 км вище гирла

Таблиця 3.2

**Нормативні компоненти моніторингових досліджень
поверхневих вод та одиниці їх вимірювання**

№ з/п	Нормативні компоненти	Одиниці вимірювання	№ з/п	Нормативні компоненти	Одиниці вимірювання
1	Температура	°С	15	БСК ₅	мгО ₂ / дм ³
2	Запах	бали	16	Розчинений кисень	мгО ₂ / дм ³
3	Забарвлення	—	17	Сульфати	мг/дм ³
4	Прозорість	см	18	Хлориди	мг/дм ³
5	рН	од.рН	19	Фосфати	мг/дм ³
6	Завислі речовини	мг/дм ³	20	Залізо	мг/дм ³
7	Сухий залишок	мг/дм ³	21	Нікель	мг/дм ³
8	Твердість	мг-екв/дм ³	22	Цинк	мг/дм ³
9	Кальцій	мг-екв/дм ³	23	Мідь	мг/дм ³
10	Магній	мг-екв/дм ³	24	Хром загальний	мг/дм ³
11	Амоній сольовий	мг-екв/дм ³	25	Марганець	мг/дм ³
12	Нітрати	мг/дм ³	26	Фториди	мг/дм ³
13	Нітрити	мг/дм ³	27	Свинець	мг/дм ³
14	ХСК	мгО ₂ / дм ³	28	Кадмій	мг/дм ³

Атрибутивні дані, що характеризують стан водних ресурсів в межах басейну річки Устя у 2023-2025 роках, скомпільовані з результатами хімічних спостережень гідрологічної та інженерно-геологічної зйомки 1986-1990 років.

Основними етапами логічного проектування є:

- визначення системи координат;
- вибір способу геокодування та інтегрування даних;
- проектування просторової нарізки листів карт;
- співставлення словників атрибутивних даних;
- геопросторова топологізація даних;
- редагування геопросторових і атрибутивних даних

Картографічна основа розроблена в ГІС MapInfo Professional і підготовлена до експорту у інші геоінформаційні системи. При створенні картографічної основи вибрана типова проекція ГІС MapInfo Professional – Довгота/Широта (проекція Гауса-Крюгера, зона 5). В основу цифрової карти покладені листи номенклатурних квадратів масштабу 1:100 000 – М-35-053 (Рівне) та М-35-041 (Костопіль).

3.3. Фізичне моделювання геоінформаційної системи

На стадії фізичного моделювання визначено внутрішню структуру геоінформаційної системи, її наповнення картографічними матеріалами.

Геоінформаційна система управління басейну річки Устя розроблена в середовищі ArcGIS. До складу проекту включені наступні елементи:

- таблиці бази даних:
 - vodopynktu – перелік основних водопунктів та їх місцезнаходження;
 - him_37 – результати хімічних досліджень гідрологічної та інженерно-геологічної зйомки (1986-1990 роки);
 - analiz – результати моніторингових спостережень за поверхневими водами (2023-2025 роки);
- тематичні шари та шари картографічної основи:
 - border_polyline – умовна межа басейну;
 - hydro_polyline – водотоки в межах басейну;

- hydro_region – озера, стави в межах басейну;
- np_region – населені пункти;
- relief_polyline – рельєф (орографія);
- roads_polyline – автошляхи;
- zaliznuca_polyline – залізниці
- roslunu_region – рослинність, сільськогосподарські землі;
- vodopynktu_font_point – спостережні пункти відбору проб (у таблиці атрибутивних даних створене поле «id» для забезпечення можливості геокодування атрибутивних даних).

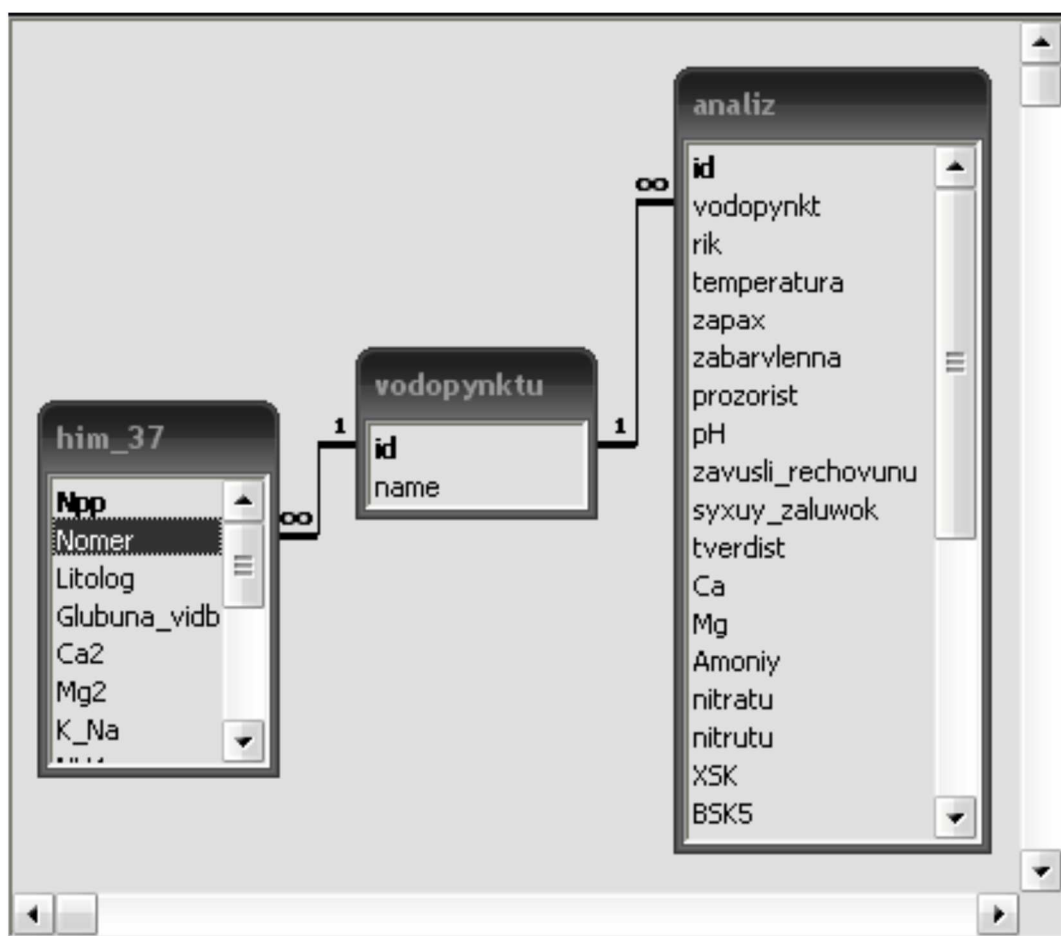


Рис. 3.1. Схема геобазы тематичних даних ArcGIS

Зазначені елементи утворюють унікальну геобазу даних ArcGIS, що дозволяє уникнути прив'язки геоінформаційної системи до певного комп'ютера. Картографічна проекція, налаштування карти, параметри геокодування збережені в ArcMap-проекті GIS_Ystya.mxd.

3.4. Методологічні засади водно-екологічного картографування

Представлення всієї сукупності даних про водокористування єдиним картографічним документом дозволяє оцінювати рівень гідроекологічної безпеки територіальних і акваторіальних об'єктів, розробляти і ухвалювати управлінські рішення про перспективи і напрям розвитку території, розміщення водоемких виробництв, інтенсивність використання водних ресурсів тощо [11, 20].

Формування такої сукупності даних можна представити структурно-функціональною блок-схемою формування системи водно-екологічного картографування (рис. 3.2), яка поєднує загальнонаукові принципи системного картографування і картографічного моделювання.

Для аналізу і оцінки стану водних ресурсів у розрізі водних об'єктів, населених пунктів і річкових басейнів в розробленій ГІС використано алгоритм, що включає чотири етапи обробки первинних матеріалів, яким відповідають таблиці атрибутивних даних і тематичні шари картографічної інформації (рис. 3.3):

- інвентаризація повного об'єму і якості водних ресурсів, зосереджених у водоймищах і водотоках об'єкту вивчення (включаючи об'єми повернення ресурсів через водовідведення);
- оцінка корисного об'єму, що є екологічно допустимим для господарського використання за кожним із водних джерел;
- інвентаризація об'ємів фактичного використання водних ресурсів (водовідбір, водовідведення) за даними існуючих систем моніторингу;
- оцінка поточного стану водних ресурсів басейну річки Устя у системі «резерв-дефіцит водних ресурсів – якість води».

Для геоінформаційної системи управління басейну р. Устя пропонується структура інформаційної бази даних для цифрових карт водно-екологічної тематики, яка містить наступні основні тематичні блоки:

- базові адресні карти (рис. 3.4);



Рис. 3.2. Структурно-функціональна блок-схема формування системи водно-екологічного картографування



Рис. 3.3. Схема використання вихідних даних

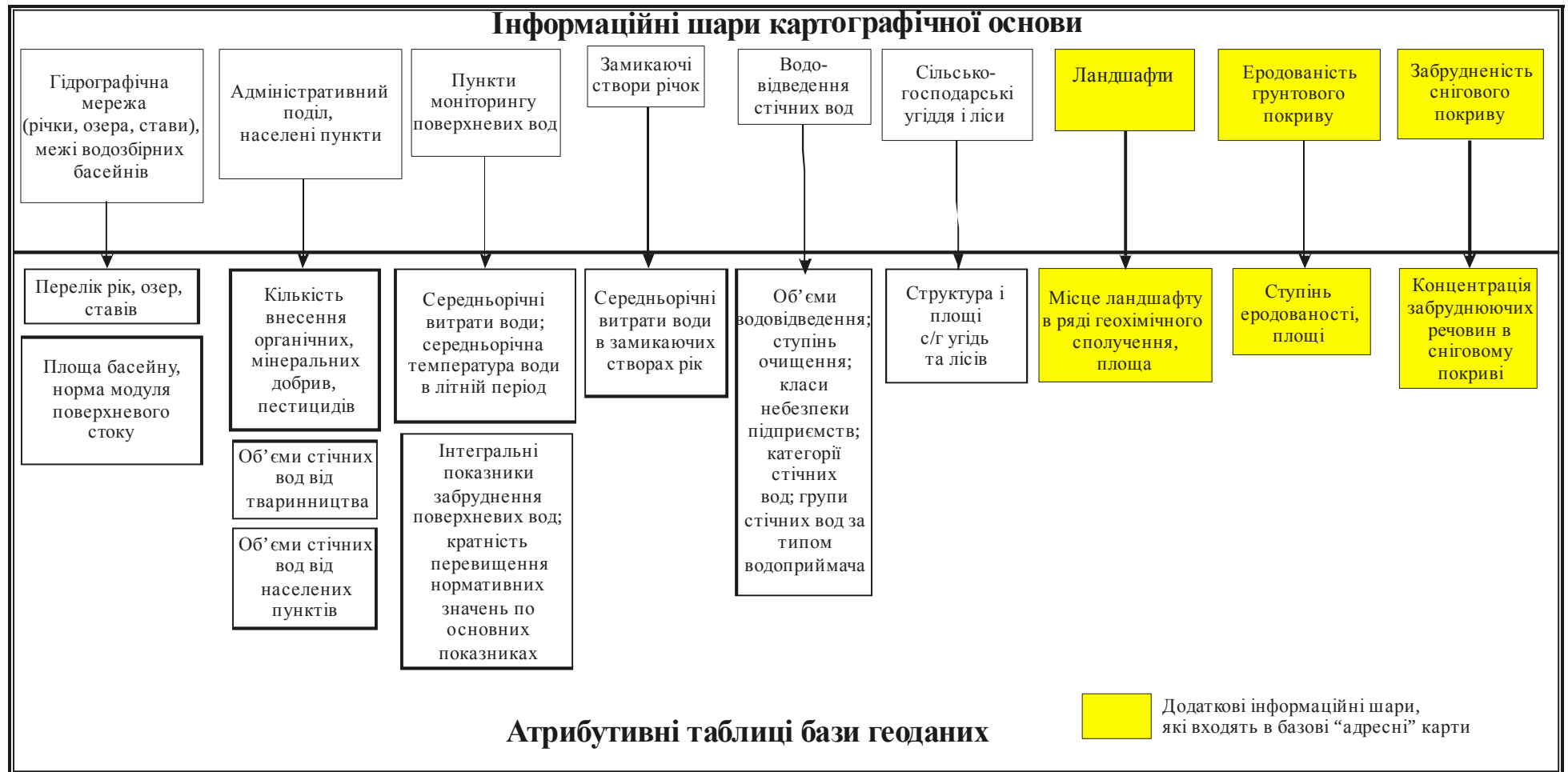


Рис. 3.4. Структура базових адресних карт водно-екологічної тематики

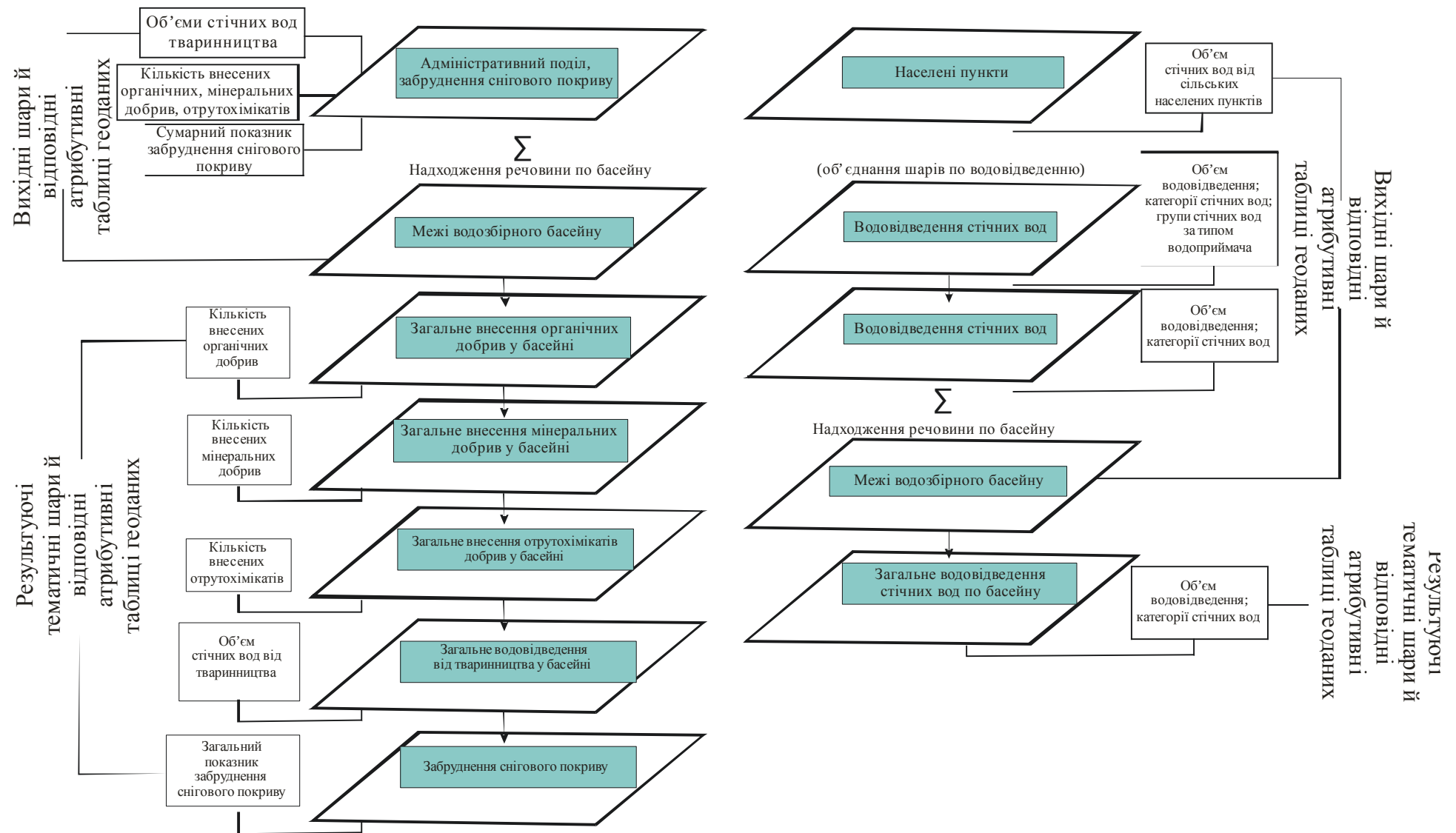


Рис. 3.5. Зміст тематичних шарів інвентаризаційних карт антропогенного навантаження на басейн

- карти якості поверхневих вод;
- карти умов самоочищення поверхневих вод;
- карти антропогенного навантаження на водні об'єкти та їх водозбірні басейни (рис. 3.5);
- комплексна карта ранжування водних об'єктів і їх водозбірних басейнів за рівнями антропогенного навантаження і забруднення поверхневих вод.

При проектуванні геоінформаційної системи розроблена система картографічного представлення результатів моніторингу забруднення поверхневих вод урбанізованих територій, що базується на результатах багаторічних спостережень та містить дані про місцезнаходження водозаборів поверхневих вод за основними водокористувачами і очисними спорудами, об'єм і структуру водовідведення, розташування пунктів моніторингу і його результати – рівні забруднення поверхневих і питних вод за гідрохімічними і бактеріологічними показниками, органолептичними, санітарними, санітарно-токсикологічними і епідеміологічними критеріями.

Геоінформаційна система, побудована на основі методів водно-екологічного картографування, дозволяє одним наочним документом відобразити стан водних ресурсів басейну і є ефективним інструментом для прийняття та ухвалення управлінських рішень.

3.5. Картографічне моделювання об'єкта дослідження

На основі наведених принципів водно-екологічного картографування в геоінформаційній системі управління басейну річки Устя розроблено тематичні карти забруднення поверхневих вод різними компонентами.

Як картографічну основу використано топографічний план масштабу 1:100 000 на басейн річки Устя. На картографічну основу нанесено спостережні пункти відбору проб поверхневих вод. У програмному середовищі ArcMap до об'єктів цифрової карти (пункти відбору проб) прив'язано семантичну інформацію із таблиці бази даних, включеної до персональної геобазы даних.

Використовуючи модуль відображення та аналізу поверхонь 3D Analyst, побудовано тематичні поверхні забруднення поверхневих вод басейну, які можна розглядати з різних позицій, будувати запити до поверхонь та виявляти області видимості. ArcGIS 3D Analyst є додатковим модулем системи ArcGIS, який призначений для тривимірної візуалізації, аналізу і побудови поверхонь, об'єднуючи інструменти візуалізації і роботи з моделями рельєфу в динамічному тривимірному середовищі. За допомогою модуля 3D Analyst користувач має можливість створювати растрові і векторні набори тривимірних даних для їх перегляду в режимі on-line. 3D Analyst також використовує функціональність для генерації поверхонь, інтерполяцію растрів для моделювання розподілу різних явищ та тріангуляційні нерегулярні мережі (TIN) для побудови поверхонь рельєфу.

При побудові тематичних карт рівнів забруднення поверхневих вод використано інструмент «Інтерполяція» модуля 3D Analyst. В даному модулі є можливість проведення інтерполяції трьома методами: лінійної інтерполяції, сплайнів та кригінгу.

В меню інструменту «Інтерполяція» методом лінійної інтерполяції зазначаються точки, колонка таблиці за якою проводиться інтерполяція, точність, радіус інтерполювання, кількість точок, максимальна відстань, якою обмежується карта та назву вихідного шару.

Після виконання даної процедури отримують шар з побудованою картою забруднення поверхневих вод на заданий момент часу. Наклавши тематичні шари базової карти отримують карту рівнів рН поверхневих вод басейну річки Устя (рис. 3.6.).

Аналогічним чином побудовано тематичні карти твердості води, вмісту завислих речовин, забруднення нітратами та залізом.

Рис. 3.6. Карта рівнів рН поверхневих вод басейну р. Устя

ВИСНОВКИ

Теоретичне узагальнення матеріалу щодо обґрунтування розроблення геоінформаційного забезпечення моніторингових досліджень геоекологічного стану поверхневих вод гідрологічних об'єктів, висвітлене у даній магістерській роботі, та її практична реалізація на прикладі басейну річки Устя дозволяє сформулювати наступні висновки:

1. На основі проведених моніторингових обстежень поверхневих вод басейну р. Усті від витoku до гирла за 29 основними показниками та відібраних проб води встановлено, що за якісними характеристиками вона перебуває у поганому і дуже поганому станах, а найгіршою є ситуація у центральній частині басейну, неподалік Квасилова. На якість води впливає те, що територія басейну річки істотно розорана та осушена, що не відповідає її природному стану (в природному стані знаходиться лише 10% території басейну річки), заплава річки за рахунок щільної забудови є трансформованою, у водах практично не відбуваються самоочисні процеси, тому накопичуються критичні об'єми фітомаси, що суттєво зменшує вміст кисню у воді.

2. Застосування спроектованої у роботі ГІС відкриває нові можливості управління басейном річки Устя і забезпечує вирішення низки практичних питань, зокрема: *створення та підтримання в актуальному стані реєстру водних та водогосподарських об'єктів із відповідною довідковою інформацією; здійснення оперативного моніторингу якості поверхневих вод на основі щойно внесених та оперативно відображених даних про спеціальне водокористування, якість води, рівні забрудненості тощо; створення електронних карт водогосподарських об'єктів, а також тематичних карт за напрямками діяльності окремих відділів та спеціалістів; здійснення оперативного управління в надзвичайних ситуаціях, моделювання та прогнозування стану; забезпечення збору даних про порушення у користуванні водними ресурсами і прилеглими до них територіями за допомогою синхронізованого з ГІС мобільного додатку; забезпечення планових заходів щодо регулювання та оптимізації стану басейнових систем.*

3. На основі комплексних моніторингових спостережень за станом поверхневих вод басейну річки Устя визначено чотири основні напрямки діяльності щодо покращення їх гідроекологічного стану, зокрема: *припинення дії і усунення впливу усіх явищ, що призводять до ерозії земель та змиву ґрунтів в межах басейну і, як наслідок, забруднення і замулення р. Устя; припинення надходження в річковий басейн забруднень від розсіяних джерел з поверхневим стоком, тобто з полів, доріг, пасовищ, господарчих дворів тощо; обмеження господарського втручання у річкову долину; звільнення русел річки Устя і її приток від штучних споруд та запобігання змінам у структурі їх заплав, зокрема, при побудові каналів, шлюзів, ставів, створених без попереднього проекту. На їх основі запропоновано заходи щодо покращення екологічного стану річки Устя, що спрямовані на організацію і координацію громадських дій та ліквідацію чинників негативного впливу на річку, зокрема: проведення еколого-освітніх акцій з жителями довколишніх населених пунктів; контроль місцевими органами виконавчої влади згідно з чинним законодавством господарської діяльності у басейні річки, участь у цьому громадськості; припинення розорювання берегових (прибережних) смуг; нормування (обмеження) випасу худоби і птиці у річковій долині; поступове виведення із річкової долини господарських та житлових будівель, що мають шкідливий вплив на р. Устя; збір, відстоювання або очистка дощових вод з урбанізованих територій; очистка стічних вод з конкретних підприємств та комунальних установ; створення лісових або чагарникових насаджень у річковій долині; реконструкція невдало збудованих гідротехнічних, інших штучних споруд, що зарегульовують стік р. Устя; відновлення нормальної протічності річки; пересипання окремих каналів осушувальних систем; викошування надмірної кількості водної рослинності; охорона місць нересту риб, місць оселення водно-болотних і коноводних тварин: ондатри, бобрів, качок, гусей тощо; охорона місць зосередження рідкісних видів рослин у річковій долині; створення організації із захисту річки з представництвом державних структур та громадськості.*

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрейчук Ю.М. Геоінформаційне моделювання стану басейнових систем (на прикладі притоки Дністра річки Коропець) [Текст]: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.11 / Андрейчук Юрій Михайлович; Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка. – Л., 2012. – 20 с.
2. Анпілова Є. С. Інформаційні технології для управління екологічною безпекою поверхневих вод: монографія. – К.: Азимут-Україна, 2013. – 104с
3. Бакало О.Д. Трансформація геоекологічних процесів басейну річки Джурин: монографія / О.Д. Бакало, Л.П. Царик, П.Л. Царик/ за ред. проф. Царика Л.П. – Тернопіль: СМП «Тайп», 2018 – 162 с.
4. Бондар А.Є. Геоінформаційне моделювання басейну річки Горинь за даними радарної зйомки SRTM засобами ARCGIS / А.Є. Бондар // Меліорація і водне господарство. – 2016. – Вип. 103. – С. 88-92. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2016_103_19
5. Велика Г. Екоінспектори перевіряють можливе забруднення річки Устя у Рівному. / Ганна Велика. // Екополітика, 2025. – Режим доступу: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/ekoinspektori-pereviryajut-mozhlive-zabrudnennya-richki-ustya-u-rivnomu/>
6. Гордич В. Рівненська Устя: як з XV століття трансформувалися її назва, русло і стан води / Валентина Гордич // Суспільне Рівне, 2023. – Режим доступу: <https://suspilne.media/rivne/359694-rivnenska-usta-ak-z-xv-stolitta-transformuvalisa-ii-nazva-ruslo-i-stan-vodi/>
7. Гроховська Ю.Р., Кононцев С.В. Антропогенний вплив на екологічний стан і структуру біоти водних екосистем Прип'яті / Міжнародна науково-практична конференція «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» до 60-річчя від дня народження проф. Пилипенка Ю.В. 25-26 жовтня 2018. – Херсон: Олді-плюс. – 2018. – С. 390-393.

8. Клименко М.О. Гідрохімічна характеристика річки Устя / М.О. Клименко, Ю.Р. Гроховська // Вісник НУВГП. . Сільськогосподарські науки: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2006. – Вип. 3 (35). – С. 10-17.
9. Клименко М.О. Просторовий розподіл якісних характеристик вмісту важких металів у донних відкладах річки Устя / Залеський І.І., Бєдункова О.О. // Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2016. – Вип. 3 (75). – С. 71-81.
10. Ковальчук І.П. Географічні дослідження річок і річкових долин в Україні // Історія української географії. Частина І: Збірник матеріалів Третьої Міжнародної наукової конференції, присвяченої 130-літньому ювілею академіка Степана Рудницького. – Тернопіль: 2007. – С. 76-80.
11. Ковальчук І.П. Картографічне моделювання гідроекологічних проблем річково-басейнових систем / І.П. Ковальчук, О.І. Швець, Ю.М. Андрейчук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2012. – Вип. 1 (23). – Львів: Вид-во Львівської Політехніки, 2012. – С. 220-226.
12. Ковальчук І.П. Річково-басейнова система Горині: структура, функціонування, оптимізація [Текст]: монографія / І.П. Ковальчук, Т.С. Павловська; Волинський національний ун-т ім. Лесі Українки. – Луцьк: Вежа, 2008. – 240 с.
13. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуарій України. / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін. – К.: «Символ-Т», 2001. – 48 с.
14. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін. – К.: «Символ-Т», 1998. – 28 с.
15. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води. / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін. – К.: «Символ-Т», 1998. – 48 с.

16. Методичні рекомендації з вивчення гідролого-гідрохімічних умов регіональних басейнових систем (на прикладі Дністра) / Упорядники В.К. Хільчевський, О.М. Гончар, О.О. Винарчук та ін. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2014. – 71 с.
17. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом: монографія / За редакцією В.А. Сташука; [В.А. Сташук, В.Б. Мокін, В.В. Гребінь, О.В. Чунарьов]. – Херсон: Грінь Д.С., 2014. – 320 с. – Режим доступу: <https://drive.google.com/open?id=1POSSrJf3ZONZZ9SBiAcVRL2-hJgqm03A>
18. Парфенюк І.О., Гроховська Ю.Р. Стан водних екосистем басейну річки Устя та вплив якості води на іхтіофауну // Agricultural Sciences / Colloquium-Journal/ – #3 (90). – 2021. – С. 44-47.
19. Проблема очистки річки Устя та озера Басів Кут на контролі в Президента України // Офіційний вебсайт Рівненської ОДА, 2020. – Режим доступу: <https://www.rv.gov.ua/news/problema-ochistki-richki-ustya-ta-ozera-basiv-kut-na-kontroli-v-prezidenta-ukrayini>
20. Самойленко В.М. Моделювання басейнових геосистем: монографія / В.М. Самойленко, Д.В. Іванок. – Київ: Прінт Сервіс, 2015. – 207 с.
21. Трофимчук О.М. Просторове моделювання в ГІС для оцінки гідроекологічних змін річкових басейнів в зонах впливу гірничодобувних регіонів / О.М. Трофимчук, Є.О. Яковлев, Є.С. Анпілова // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки. – 2019. – Вип. 1. – С. 83-91. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvgp_tekhn_2019_1_11
22. Хільчевський В. К. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їх охорона: навч. посібник / В. К. Хільчевський, М.Р. Забокрицька та ін. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2015. – 154 с.
23. Чернявська А.П., Мельник В.І., Жукинський В.М. та ін. Екологічна оцінка, встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод Рівненської області. – К.: УНДІВЕРП, 1999-2000. – 224 с.