

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Природничий факультет
Кафедра ботаніки та екології

«Допущено до захисту»

Реєстраційний № _____

Завідувач кафедри

«__» _____ 20__ р.

_____ (підпис)
(прізвище, ініціали)

«__» _____ 20__ р.

**ЛІТО-ХІМІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ДОННОГО ҐРУНТУ Р.ІНГУЛЕЦЬ
ПІД ДІЄЮ АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ**

Кваліфікаційна робота студентки
групи ЕКО-19
ступінь вищої освіти бакалавр
ЕРСТЕНЮК Анастасії Сергіївни
Керівник: доцент кафедри ботаніки та
екології Альохіна Т.М., кандидат
біологічних наук, старший науковий
співробітник

Оцінка:

Національна шкала _____

Шкала ECTS _____ Кількість балів _____

Голова ЕК _____

_____ (підпис) _____ (прізвище, ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище, ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище, ініціали)

ЗАПЕВНЕННЯ

Я, Ерстенюк Анастасія Сергіївна, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавала і не одержувала недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і тестів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомена. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

підпис

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН І ГОЛОВНІ ПРОБЛЕМИ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА СТАН РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ В РАЙОНІ КРИВОГО РОГУ	7
1.1 Понятійний апарат системи дослідження	7
1.2 Опис річки Інгул та її сучасного стан	10
1.2.1 Загальна характеристика річки Інгулець.....	10
1.2.2 Сучасні джерела забруднення водних ресурсів басейну р. Інгулець в районі Кривого Рогу	15
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	19
2.1 Аналіз ієрархій.....	19
2.2 Методики визначення літо-хімічних показників донних осадків ...	22
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	26
3.1 Літо-хімічні параметри донного ґрунту річки Інгулець.....	26
3.2 Рекомендації щодо покращення екологічного стану річки Інгулець	31
ВИСНОВКИ	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	35

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ВПП – витрати при прожарюванні

ДО – донні осадки

ЗР – забруднююча речовина

РОВР – Регіональний офіс водних ресурсів

СВ – стічні води

ЦГЗК – Центральний гірно-збагачувальний комбінат

ВСТУП

Дніпропетровська область – регіон з потужним промисловим і науковим потенціалом, високим рівнем розвитку транспорту та зв'язку. Промислові підприємства гірничо-металургійного, паливно-енергетичного, хімічного комплексів, а також транспорт визначають високий рівень техногенного навантаження на навколишнє середовище. Незважаючи на виражений тренд зменшення антропогенного тиску на довкілля, рівень техногенного навантаження в регіоні залишається високим, а екологічна ситуація – незадовільною. Зазначимо, що основні галузі промислового виробництва пов'язані з використанням водних ресурсів, в результаті чого в більшості міст області спостерігається передкризова та кризова гідроекологічна ситуація, оскільки самовідновлювальна здатність водних об'єктів не забезпечує відновлення порушеної екологічної рівноваги [8].

Літо-хімічна трансформація компонентів екологічної системи водних об'єктів в результаті техногенезу у геологічному середовищі, зокрема, у такій чутливій сфері, як гідросистеми, виявляється у формі забруднення донних осадків поліюгантами, у появі техногенно змінених компонентів та утворенні суто техногенних донних осадків, тобто таких, що зазнали перетворення внаслідок дії на них техногенних факторів [3].

Загалом донні осадки використовуються у якості індикаторів для визначення загального стану гідросистеми, інтенсивності та масштабів техногенного забруднення ландшафтів, мінерального і петрографічного складу поширених на водозбірній площі порід. Дослідження донних осадків, які останнім часом набули масштабності, акцентують увагу, по-перше, саме на сучасних донних відкладеннях, а по-друге, на донних осадках, що зазнають певного антропогенного і техногенного впливу.

Актуальність вибраної теми дослідження визначається тим, що дослідження седименту у гідросистемах із різним ступенем антропогенного навантаження є перспективним напрямком наукових досліджень, що

дозволить більш чітко розуміти внутрішні процеси у водоймах. Крім того, проведення досліджень донних осадів – це необхідна умова для отримання об'єктивної інформації про характер та рівень забруднення водних об'єктів [24].

Також зазначимо, що річка Інгулець – природний об'єкт, який привертає уваги до себе вчених та практиків вже багато років. Велика кількість екологічно небезпечних підприємств гірничо-рудного комплексу Кривбасу, значна урбанізованість території поряд з досить обмеженими водними ресурсами, застарілою та малоефективною природоохоронною інфраструктурою надають особливої гостроти вирішенням гідроекологічних проблем цієї водної артерії [34].

Донні осадки р. Інгулець – це суміжна техногенно-природна система, яка містить велику кількість сполук, що потрапляють до неї зовні, виникають у ній, трансформуються та осаджуються, а значить являють собою індикатор загального стану річки Інгулець [2].

Донні осадки (ДО) відбираються для аналізу на забрудненість з метою обмежування зони поширення окремих забруднюючих речовин, визначення характеру, міри та глибини проникнення специфічних забруднюючих речовин в седимент, оцінки рівнів токсичності, вивчення закономірностей процесів самоочищення, розрахунку елементів балансу, для визначення джерел вторинного забруднення і обліку дії антропогенного чинника. Літо-геохімічне опробування донних відкладів дозволяє достатньо оперативно отримати геохімічну інформацію про стан елементарних ландшафтів, де проходить багаторічна акумуляція хімічних елементів і токсичних сполук – продуктів техногенного та природного походження.

Мета роботи – оцінити літо-хімічну трансформацію донного ґрунту річки Інгулець під дією антропогенних чинників.

Завдання роботи:

1. Оцінити сучасний стан і головні проблеми антропогенного навантаження на екосистему річки Інгулець в районі міста Кривий Ріг.

2. Охарактеризувати об'єкт та методику дослідження.
3. Провести дослідження донного осаду річки Інгулець.
4. Проаналізувати дані проведеного дослідження.

Об'єкт досліджень – донний ґрунт р. Інгулець.

Предмет досліджень – літо-хімічна характеристика донних осадків річки Інгулець.

Методи досліджень. При написанні кваліфікаційної роботи нами були використані наступні наукові методи:

- аналітичний – для узагальнення сучасного стану та головних проблем антропогенного навантаження на екосистему річки Інгулець.
- метод аналізу ієрархій – для обґрунтування вибору методів досліджень;
- лабораторно-хімічні методи – камеральна обробка проб донних осадків; використовувались стандартні та апробовані методики;
- статистична та аналітична обробка даних.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох основних розділів, висновків та списку використаних джерел.

Кваліфікаційна робота викладена на 38 листах, містить 11 рисунків та 3 таблиці. Список літератури складається з 37 джерел.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН І ГОЛОВНІ ПРОБЛЕМИ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА СТАН РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ В РАЙОНІ КРИВОГО РОГУ

1.1 Понятійний апарат системи дослідження

Для визначення антропогенного навантаження на екосистему річки використовують різні показники. Донні відкладення традиційно використовуються як індикатори інтенсивності та показники масштабів техногенного забруднення водних екосистем [30].

Доцільно навести загальну інформацію відносно обраного показника інтенсивності дії антропогенного чинника – донного ґрунту, оскільки донні відкладення вважаються найбільш забрудненим компонентом водних екосистем, з врахуванням того факту, що вони акумулюють усі види забруднюючих речовин (ЗР), що надходять з річним стоком, атмосферними опадами та з техногенними продуктами господарчої діяльності людини. Крім цього донний ґрунт вважається постійним джерелом вторинного забруднення [15].

Процес нагромадження у водоймах зважених наносів і елементів, що надходять з водозбірної території розчинених у водній товщі, найбільш чітко виявляється у формуванні донних відкладів.

Донні осадки (відкладення) – це відкрита фізико-хімічна система, через межі якої (водна товща – донні відклади) здійснюється матеріальний обмін з навколишнім природним середовищем [23].

Наведемо визначення донних осадків, яке використовував природознавець В.І. Вернадський «ил – это природное тело, аналогичное почве, где гидросфера занимает место атмосферы» [11].

Донні відклади – це нерозривна єдність складного комплексу мінералів і водного розчину. Саме цей водний розчин фізично і хімічно поєднує сукупність дискретних зерен, різноманітних мінеральних фаз і органічних

залишків у єдину цілісну систему. З врахуваннями вищезазначеного, через донні відклади здійснюється багатостороння взаємодія складових гідроекосистеми [25].

Донні осадки формуються в процесі седиментації завислого у воді матеріалу. Загалом ДО акумулюють в собі наступні елементи: солі винесених поверхневими водами забруднюючих речовин, продуктів вітрової ерозії ґрунтів, важких металів, сполук утворених в приземній атмосфері, а також тверду фазу стічних вод (промислових та побутових стоків).

Донні відклади поєднують в собі як автохтонні (утворені в водоймах безпосередньо), так і алохтонні (ті, що надійшли ззовні) частки. Перерахуємо автохтонні компоненти: продукти абразії (руйнування) берегів, елементи, які випадають в осад із розчину, органічні залишки водних організмів (гідробіонтів). Алохтонні елементи – це елементи, які принесені стоком або вітром. Також до алохтонних елементів ДО відносять речовини, які надійшли в результаті антропогенної діяльності (зокрема, господарської діяльності людини).

Із роботи дослідника умов осадконакопичення Г.О. Кравчука [22] випливає, що будь-які зміни антропогенного навантаження призводять до відповідних трансформацій екосистемних зв'язків, що викликає незворотні зміни в будові та складі донних осадків.

Динамічне антропогенне навантаження в межах возозбору впливає на трансформацію екосистемних зв'язків, а значить, впливає на будову і склад донних відкладів [10].

Донні відклади – найзабрудненіша частина екосистеми річок з врахуванням того, велика кількість токсикантів, що потрапляють у водойми, адсорбується завислими речовинами і під впливом гравітаційних сил осідає на дно, де накопичується в донних відкладеннях.

Так, наприклад, в тому разі, коли ДО накопичуються через уповільнення течії на відстані від джерела первинного забруднення, то ЗР стають причиною погіршення стану водойм на значній відстані від нього [20].

Крім того, у випадку зміни гідродинамічних та фізично-хімічних умов (наприклад, при збільшенні або зменшенні швидкості течії, різних температурних умов або різних рівнях рН середовища) ЗР, що містяться в донних відкладеннях, переходять в водну фазу, зумовлюючи тим самим вторинне забруднення водойм [10].

Таким чином, донні осади є своєрідним «підводним ґрунтом», що визначає особливості екологічного стану водних об'єктів. Цей підводний ґрунт відіграє роль своєрідних «депо», де проходить накопичення як найбільш розповсюджених пріоритетних (нафтопродукти, поліциклічні ароматичні вуглеводи, пестициди, важкі метали), так і специфічних (поліхлорбіфеніли, поліхлорфеноли, поліароматичні з'єднання, сіркоорганічні з'єднання) забруднюючих речовин [25].

Відзначимо, що склад донних відкладів, як найбільш важливих компонентів аквальної ландшафтів, відображає геохімічні особливості водозбірної території, інтенсивність та масштаб техногенного забруднення ландшафтів [24].

Загалом проби донних відкладів відбираються для аналізу на забруднення з метою «виявлення зони поширення окремих забруднюючих речовин, визначення характеру, ступеню і глибини проникнення специфічних ЗР в донні відклади, вивчення закономірностей процесів самоочищення, розрахунку елементів балансу, для визначення джерел вторинного забруднення і обліку впливу антропогенного фактору» [28].

Сьогодні ДО – найінформативніший показник в процесі екологічної оцінки гідрологічних екосистем. З врахуванням того, що донні відкладення акумулюють забруднення, що надходять у водойму протягом тривалого періоду, можна вважати, що ДО виступають індикатором екологічного стану території та своєрідним інтегральним показником рівня і масштабу техногенного забруднення.

Таким чином, хімічний склад донного осаду як багатокomпонентної природно-антропогенної системи є актуальною екологічною та еколого-

геологічною проблемою Враховуючи таку широку можливість акумулювати в собі забруднюючі речовини, в тому числі і токсиканти різного походження, вивчення еколого-токсикологічних характеристик ДО має значну актуальність у системі екологічної безпеки регіонів, які повинні ґрунтуватись на аналізі просторово-часового розподілу хімічних елементів, вивченні особливостей накопичення токсикантів та дослідженні трансформації сполук забруднювачів у донних відкладах.

1.2 Опис річки Інгул та її сучасного стан

Велика кількість водоемних та екологічно небезпечних підприємств, значний рівень урбанізованості території, обмежені водні ресурси регіону та відсутність вирішення природоохоронних проблем в поєднанні з застарілою інфраструктурою визначають гостру гідроекологічну ситуацію на території басейну річки Інгулець [13].

1.2.1 Загальна характеристика річки Інгулець

Річка Інгулець є однією з понад 63 тис. річок, які течуть територією України. Річка Інгулець є найнижчою притокою Дніпра та впадає в нього за 43 км від гирла [9].

Річка Інгулець бере свій початок з джерел у балці біля с. Топила Знам'янського району Кіровоградської області, на висоті 180 м над рівнем моря. Довжина річки становить близько 549 км, площа водозбору – 13700 км². Тече вона переважно у південному напрямку і впадає у Дніпро з правого берега на 46 км від його гирла біля с. Садове Херсонської області [16].

Річка Інгулець є типовою рівнинною річкою України. Ця річка повністю знаходиться в межах України та протікає по території Дніпропетровської, Кіровоградської, Херсонської та Миколаївської областей [27].

Довжина річки 549 км, загальна площа водозбірного басейну – 14460 км². Висота гирла над рівнем моря – 0,1 м. Падіння ріки складає 175 м, нахил річки – 0,32 м/км (у верхній течії до 1,2 м/км). Швидкість річки на плесах незначна, на перекатах 0,2-0,5 м/сек (0,72-1,8 км/ч) [12].

Басейн річки Інгулець на гідрографічній мапі України наведено на рис.1.1.

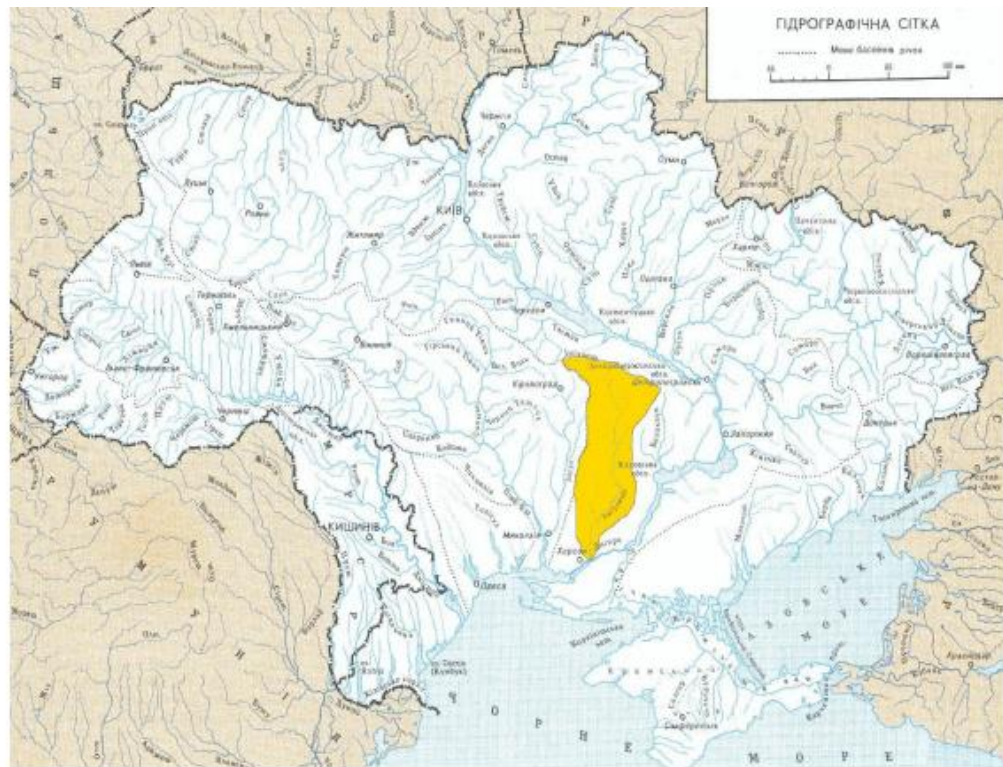


Рисунок 1.1. Басейн річки Інгулець на гідрографічній мапі України [13]

Басейн має вигляд витягнутого в меридіональному напрямку трикутника, вершина якого знаходиться біля гирла ріки, а основа – на північному вододілі. Зазначимо, що річкова сітка розвинута переважно в північній частині басейну, (оскільки саме тут знаходяться майже всі притоки Інгульця, в той час як в південній частині басейну знаходиться лише одна притока – р. Висунь).

Отже, основна область формування стоку розміщена в верхній частині її басейну. Тут формується 80% сумарного стоку річки, який у верхній та середній ділянках річки зарегульований Олександрійським, Іскрівським та Карачунівським водосховищами. Вказані водосховища є джерелами

водопостачання, відповідно, міст Олександрія, Жовті Води, Кривий Ріг, зрошення прилеглих сільськогосподарських земель та рекреації. У нижній ділянці річки найбільшим водокористувачем є Інгулецька зрошувальна система (рис.1.2).

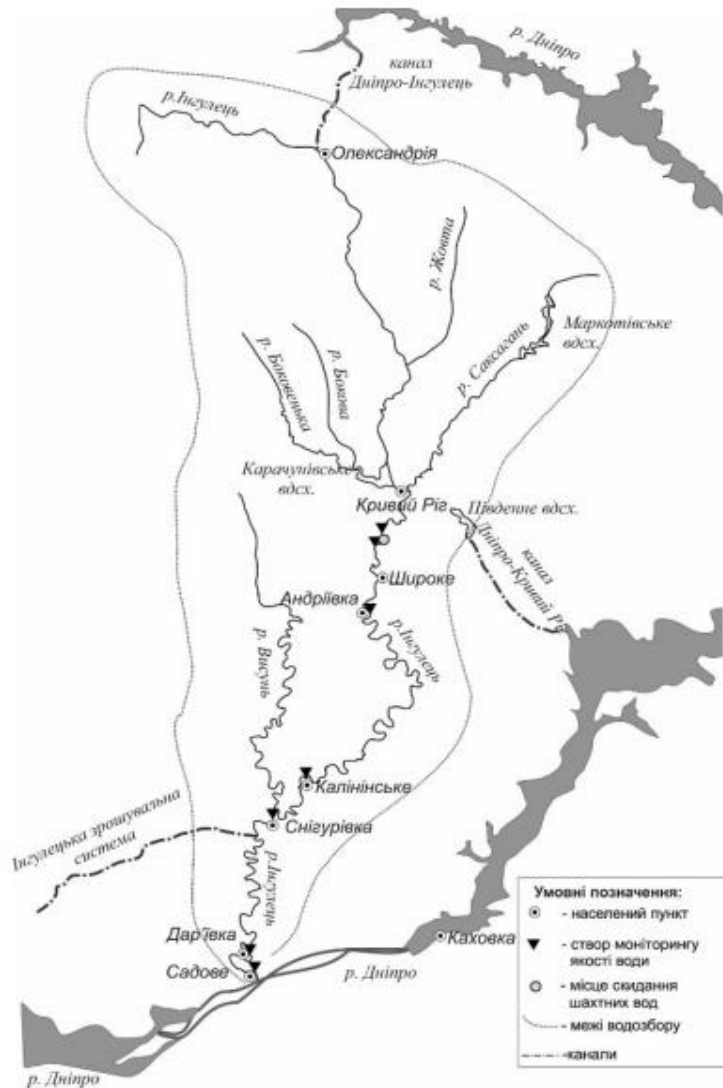


Рисунок 1.2. Основні елементи водогосподарської системи р. Ігулець [2]

Річкова сітка басейну складається з р. Інгульця, 43 річок довжиною більше 10 км (кожна), 142 річки меншої довжини, а також великої кількості балок, які не мають постійного току води. Довжина більшості приток Інгульця не перевищує 20 км, і тільки річки Саксагань і Висунь мають довжину більшу, ніж 100 км.

Згідно з фізико-географічним районуванням України, територія басейну річки Інгулець знаходиться в межах двох природних фізико-географічних зон: крайня північна частина басейну розташована в лісостеповій зоні, інша частина території – в степовій (рис.1.3).

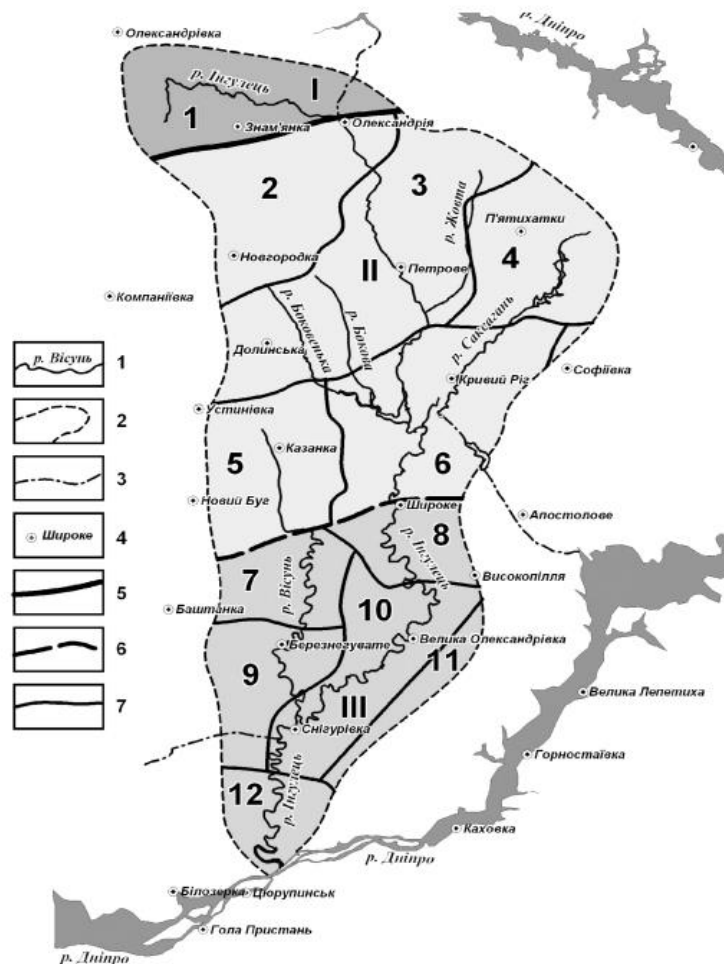


Рисунок 1.3. Схема фізико-географічного районування басейну р. Інгулець (1 - річка та її назва; 2 - межі водозбору; 3 - канали; 4 - населений пункт; 5 - межі фізикогеографічних зон; 6 - межі фізико-географічних областей; 7 - межі фізико-географічних районів) [13]

У геологічному відношенні басейн р. Інгулець розміщується на південних схилах Українського щита і південній частині Причорноморської западини. Північна частина басейну складена докембрійськими кристалічними породами. Давні породи покриті потужним шаром утворень палеогену і четвертинних відкладів.

Долина річки перетинає ділянки різної геологічної будови і з різним ступенем техногенного навантаження. Алювіальні відклади р. Інгулець представлені переважно піском і мулом

Зазначимо, що геологічна будова долини річки Інгулець сформувалася в післяльодовиковий період останнього Дніпровського зледеніння, основними структурними компонентами якої є піщані суглинки, темно-сіра сланцювата глина, Риський флювіогляціал - жовтий кварцовий пісок, що переходить у галечник, частково зцементований бурим залізняком у конгломерат. Міоцен представлений чорною бітумінозною буро-вугільною глиною з піритом [13].

Верхня течія Інгульця – це ряд озероподібних або болотистих плесків, які з'єднуються між собою лише під час весінніх паводків або після сильних злив. До м. Александрії річка тече вузькою стрічкою, береги якої місцями скелясті. В районі Кривого Рогу ширина річки складає близько 40 м, глибина до 1,7 м. Збудоване в Кривому Розі водосховище утворене на місці гранітних виходів на поверхню і порогів Інгульця. В середній течії річка тече в скелястих берегах, мається багато перекатів, порогів (техногенного характеру) – які являють собою зруйновані дамби і автомобільні мости. Нижче Кривого Рогу Інгулець розмиває осадові породи. Гирло у верхній течії спрямлене, в середній і нижчій дуже звивисте. Характерні петлі довжиною 5-7 км, практично повертаються в початкову точку. Від початку до гирла Інгулець утворює 55 меандр. В подальшому ширина річки збільшується ненабагато, досягаючи Снігурівки 100 м, а в гирлі – 120 м. Глибина на плесах може досягати 5 м. Дно зазвичай піщане.

Гідрологічні особливості басейну наступні: у весняний та, значною мірою, в зимовий період річка живиться головним чином за рахунок талих вод. В інший час живлення річки відбувається за рахунок підземних вод та поверхневого стоку. Тала вода у верхній течії складає близько $\frac{2}{3}$ річного стоку, а в нижній течії – ще більшу його частину [9].

1.2.2 Сучасні джерела забруднення водних ресурсів басейну р. Інгулець в районі Кривого Рогу

У випадку з річкою Інгулець, ми простежуємо тенденцію складного антропогенного впливу, оскільки річка давно перетворилася на дуже складну водогосподарську систему, внаслідок використання для водопостачання Кривого Рогу та зрошення. До того ж річка регулюється двома водосховищами – Карачунівським та Іскрівським, які власне є впливовими факторами її змін [6].

Інгулець – основна водна артерія Кривбасу, яка приймає високо мінералізовані води хвостосховищ ВАТ “Південний ГЗК”, ВАТ “Інгулецький ГЗК” і ставка-накопичувача б. Свистунова і недостатньо очищені стічні води ряду підприємств [32].

У хвостосховищах в басейні р. Інгулець складаються відходи збагачення залізних та уранових руд. Крім того, хвостосховища виконують важливу водорегулюючу функцію, оскільки є найважливішою складовою ланкою системи оборотного водопостачання комбінатів. В басейні р. Інгулець знаходиться значна частина гірничорудних підприємств Кривбасу (рис. 1.4), які забруднюють річку.

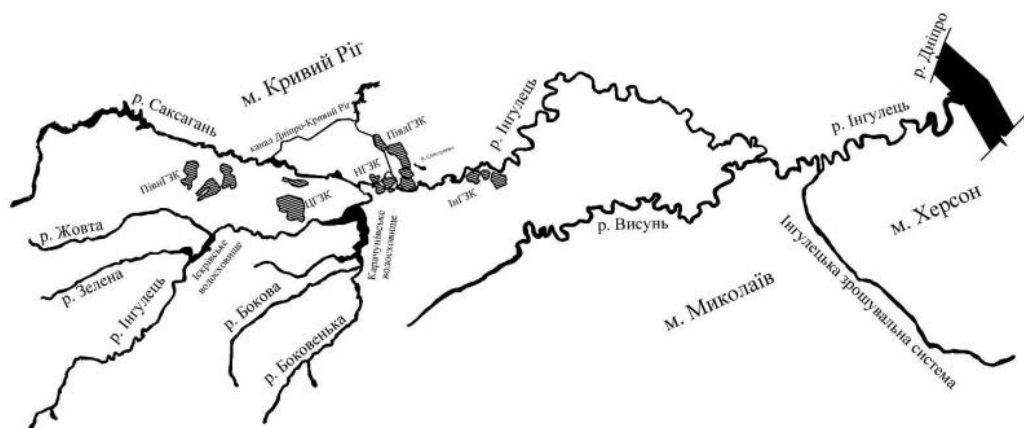


Рисунок 1.4. Схема басейну р. Інгулець з її притоками та розташуванням основних хвостосховищ у Криворізькому рудному районі [19]

За діючою схемою водовідведення основний обсяг високомінералізованих шахтних вод акумулюється у ставку-накопичувачі, розташованому на відстані 3,2 км від р. Інгулець у балці Свистунова, яка відкривається у річище Інгульця з лівого берега.

Основний чинник забруднення р. Інгулець при скиданні шахтних вод із ставка-накопичувача – їх висока мінералізація. Концентрація солей у скидних водах коливається в межах 38,0 - 42,0 г/дм³ (в середньому близько 40,0 г/дм³) [4].

За даними Регіонального офісу водних ресурсів (РОВР) в річку Інгулець було в 2020 році здійснено скид загальним обсягом приблизно 10,4 млн. м³ недостатньо очищених, забруднених без очистки зворотних та шахтних вод. Погіршення якості поверхневих вод р. Інгулець може також відбуватись за рахунок надходження забруднення з водами її приток, зокрема річок Саксагань, Жовта, Боковенька [27].

Скидання високомінералізованих шахтних вод у річку Інгулець призводить до величезних економічних збитків у всіх трьох областях за рахунок недоотриманого врожаю, безповоротних утрат тисяч гектарів осолонцьованих і засолених земель, необхідності додаткового водопостачання прісною водою сіл і селищ.

Антропогенний вплив на формування стоку розчинених хімічних елементів з водами р. Інгулець визначається скидами неочищених господарсько-побутових стічних вод міст Знам'янка та Олександрія Кіровоградської області, м. Кривий Ріг, м. Жовті Води та м. П'ятихатки Дніпропетровської області. Крім того, до рр. Інгулець та Саксагань щорічно скидають близько 60 млн.м³ забруднених стічних вод понад 50 промислових підприємств Кривбасу [3].

Доцільно охарактеризувати всі чинники, які впливають на гідрохімічний стан р. Інгулець, а значить, і на донні відклади цієї гідроекосистеми.

До антропогенних чинників впливу на гідроекосистеми прийнято відносити, в першу чергу, діяльність агропромислового комплексу,

комунального господарства та рекреаційну діяльність. Так, території, якими протікає річка Інгулець у своєму верхів'ї є розвинутими у сільськогосподарському плані районами. Навіть протікаючи територією м. Кривий Ріг р. Інгулець межує із полями. Розповсюджене недотримання вимог Водного Кодексу України, щодо меж водозахисних смуг призводить до того, що відбуваються регулярні змиви з полів ґрунту. Останній містить у собі різноманітні хімічні сполуки: добрива (сполуки нітрогену та фосфору), гербіциди, пестициди, інсектициди та інші речовини, що використовуються під час вирощування сільськогосподарських культур. Не можна не згадати тваринництво. Так, з розташованих на невеликій відстані від річки птахо- та свиноферм за умов недотримання утилізації фекальних відходів можуть потрапляти значні обсяги органічних забруднюючих речовин. І навіть після припинення їх діяльності, певний час в річку можуть надходити шкідливі домішки. Так, неподалік с. Зелене – правий берег р. Інгулець (район Південного ГЗК), спостерігались стоки старих, зруйнованих свиноферм, з яких до річки надходив фенол.

Комунальна діяльність міста з чисельністю населення біля 700 тис. мешканців безумовно чине вплив на гідросистему р. Інгулець. Багаточисельні очисні споруди, старі комунікації, які постійно руйнуються, система комплексу водозабезпечення міста та інше обумовлюють надходження до річки як неорганічних так і органічних полютантів.

Рекреаційне навантаження на гідросистему р. Інгулець можна вважати мінімальним. Проте, не можна не зауважити значну засміченість прибережної смуги. Значні обсяги побутового та будівельного сміття не тільки не прикрашають берегові ландшафти, але й привносять в річку певні, іноді дуже небезпечні речовини.

Загалом гідрологічний та гідрохімічний режими річки Інгулець підпадаються під інтенсивну антропогенну трансформація, оскільки вода досліджуваної гідроекосистеми забруднена як побутовими відходами, так і

промисловими продуктами діяльності підприємств, які використовують воду для забезпечення своїх потреб.

Точну оцінку щорічного економічного й екологічного збитків ніколи не проводили, але, за експертною оцінкою фахівців, вони становлять десятки мільярдів гривень щорічно. Тому є гостра потреба швидко знайти науково обґрунтовані технічні рішення, які б сприяли зменшенню забруднення водою Кривбасу та прилеглих областей.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Аналіз ієрархій

Донні осадки – донні наноси і тверді частинки, що утворилися і осіли на дно водного об'єкту в результаті внутрішньо водоймових фізико-хімічних і біохімічних процесів, які проходять з речовинами як природного, так і техногенного походження. Донні відклади відбираються для аналізу на забруднення з метою виявлення зони поширення окремих забруднюючих речовин, визначення характеру, ступеню і глибини проникнення специфічних забруднюючих речовин в донні відклади, вивчення закономірностей процесів самоочищення, розрахунку елементів балансу, для визначення джерел вторинного забруднення і обліку впливу антропогенного фактору.

Програму відбору проб складають в залежності від мети дослідження. Проба повинна характеризувати водний об'єкт або певну частину його за певний проміжок часу. Об'єм відібраної проби повинен бути достатнім для виконання всіх запланованих аналізів. Програма відбору включає вибір місця, часу, способу відбору, вибір пристрою для відбору, визначає об'єм проби і умови консервації і зберігання.

Організацію моніторингових досліджень стану донних відкладів проводили за РД 52.24.609-2013 [31], а відбір і підготовку проб проводили за ДСТУ ISO 5667-12-2001 [35]. Дослідження проводилося на пробах які відбиралися у 2021 році та у березні 2023 року (для визначення рН і загального солемісту).

Різні еколого-геологічні умови району робіт дозволили дослідити мобілізацію й трансформацію з водозбірної площі твердого природного і техногенного компоненту та їх вплив на літологічні характеристики донних осадків. Для проведення дослідження було закладено 4 профіля: в районі селищ Лозуватка, Гданцівка, Матрьонівка та Рахманівка (рис. 2.1).

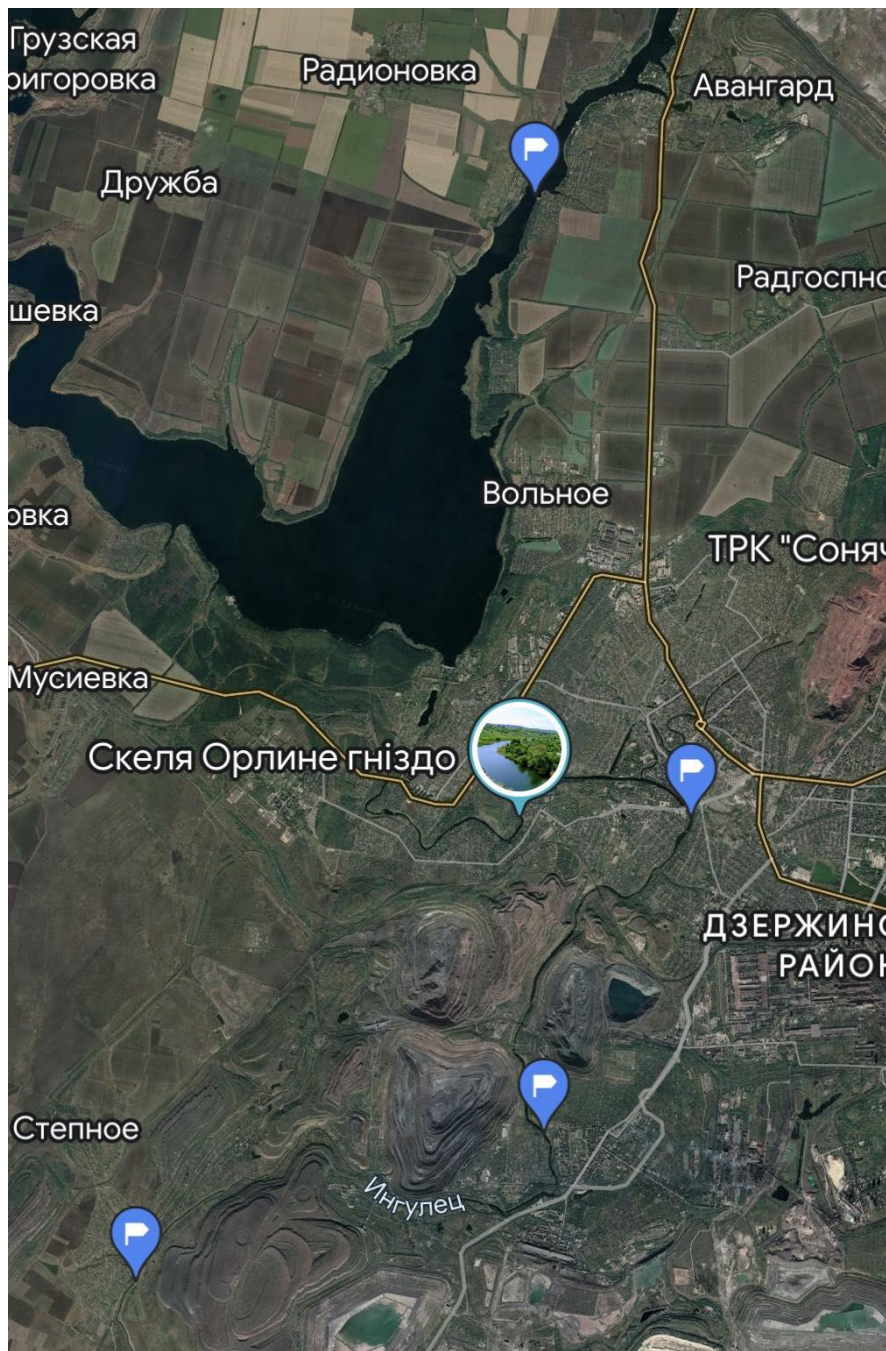


Рисунок 2.1. Розташування пунктів відбору проб донних відкладень

Для аналізу сучасних донних осадків використовувався блоковий алгоритм, на основі якого проводилося дослідження, з наступною статистичною та аналітичною обробкою даних.

В основу методики покладена ідея послідовних кроків, починаючи від окреслення району дослідження до точок відбору проб (рис.2.2).

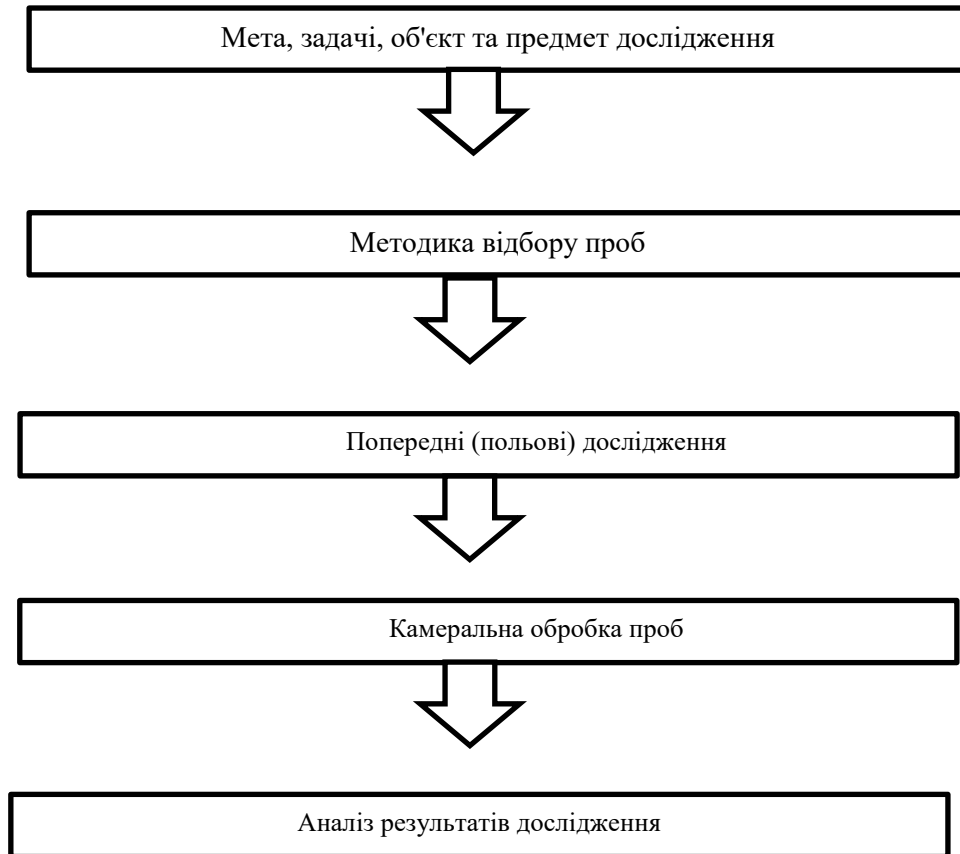


Рисунок 2.2. Алгоритм дослідження донних осадків р. Інгулець

Алгоритм уніфікований, що дозволяє застосувати його при вивченні літологічних та екологічних особливостей сучасних донних осадків будь-яких рівнинних річок.

При камеральній обробці проб донного осаду застосовані традиційні в методи – літологічний та фаціальний аналіз; визначення механічного складу відкладів визначалось ситовим методом.

Згідно алгоритму, першим блоком є оцінка об'єкту дослідження [24]. При цьому визначається район дослідження з подальшим закладанням профілів, та методика, за якою будуть відбиратися проби донних осадків.

Другим блоком алгоритму є польові та камеральні дослідження проб з подальшим аналізом їх результатів. Кінцевим блоком є визначення комплексу літологічних та екологічних особливостей, які б виступали індикаторами стану

сучасних донних осадків (зокрема техногенної складової), сформованих в умовах активного антропогенезу.

Під час камеральної обробки проб донних осадків використані стандартні та апробовані методики, які дозволяють забезпечити достовірність результатів дослідження, а також розроблені або адаптовані до відповідного матеріалу методики, а саме: гранулометричний склад осадків, визначення питомої щільності, визначення вмісту магнітних часток у седименті та інші.

Вивчався гранулометричний склад донних осадків, їх розміри, що вважається важливим показником, який визначає характер осадонакопичення та депонування забруднюючих речовин. Точки відбору проб ДО знаходились на глибині 80-150 см, у місцях акумуляції наносів. Для відбору проб використовувався пластмасовий пробовідбірник саморобної конструкції. З метою згладжування локальних значень досліджуваного показника кожний відбір складався з 4-5 проб загальною вагою 250-300 г. Проби упаковувались у поліетиленові мішки, герметизувались і в природному стані відправлялись в лабораторію.

Всього було відібрано та проаналізовано 30 проб донних відкладів.

2.2 Методики визначення визначення літо-хімічних показників донних осадків.

Доцільно охарактеризувати методики визначення гранулометричного складу, питомої щільності, вмісту магнітних часток, рН, загального солевмісту та хімічного аналіз.

Відбір проб донних осадків для визначення гранулометричного (зернового) і мікроагрегатного складу проведено згідно діючого ГОСТ 12536-79 [14]. З усередненої вздовж профілю проби методом «кільця конуса» (первинна вага 1,0-1,5 кг) відбиралася наважка масою 100-200 г. Визначення гранулометричного складу донних осадків здійснювали ситовим методом (рис.2.3.)



Рисунок 2.3. Обладання (стандартний набір сит) для визначення гранулометричного складу донних осадків

З метою визначення питомої щільності донних осадків використано кількісний гідростатичний метод відповідно до методики визначення фізико-хімічних властивостей ґрунтів [7]. Для того, щоб результати були вірогідними паралельно проводились три аналізи, та проводилась повторна серія визначень у випадку, коли стандартне відхилення було більше, ніж $0,2 \text{ г/см}^3$.

З використанням методики [7] (адаптованої до донного осаду) було визначено сумарний вміст водорозчинних солей у досліджуваних пробах. Метод полягає у визначенні сухого залишку у водній витяжці (водний розчин солей, що містяться у пробах).



Рисунок 2.4. Визначення загального солевмісту

Визначення магнітної складової у донних осадах проводили з використанням методики визначення магнітної складової у донних осадах, яка була розроблена у Відділі проблем екологічної геології та розробки рудних родовищ ВМГОР НАНУ. В основу цього метода покладено визначення сумарного вмісту магнітних мінералів осаду. Також зазначимо, що потрапити до річкової гідросистем магнітні мінерали можуть лише внаслідок технологічних процесів видобутку та збагачення залізних руд [1].

Визначення рН донних осадків проводилось за допомогою пристрою портативного пристрою (рис. 2.5) у водних витяжках донних осадків.



Рис. 2.5. Пристрій для вимірювання рН

В свою чергу хімічний аналіз проб донних осадків проводився згідно стандартних методик (рис.2.5).



Рисунок 2.5. Проведення хімічного аналізу проб донних осадків

Метою дослідження хімічного складу донного осаду було визначення наступних показників: Fe, Fe₂O₃, FeO, SiO₂, Al₂O₃, а також витрат при прожарюванні (ВПП). Визначені показники дають змогу характеризувати донні осадки та процеси, що в них протікають, а саме процеси окислення – відновлення.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Літохімічні параметри донного ґрунту річки Інгулець

В результаті проведених досліджень було отримано наступні дані про фізико-механічні властивості донних осадків р. Інгулець.

Результати визначення низки літологічних характеристик донних осадків р.Інгулець свідчать про відмінності властивостей в залежності від зони в якій вони відбиралися: природно-антропогенній чи техногенній. Слід зазначити, що проби у цих зонах відрізнялися за зовнішнім виглядом, характером включень, кольором, щільністю, пластичністю, запахом.

Наявність твердих включень залежала також від геологічного району, де відбиралася проба. Так, для північного району, від гирла р.Жовтої і трохи нижче с.Лозуватка, окрім уламків порід архейського комплексу, у пробах зустрічалася велика кількість детриту. В межах міста Кривий Ріг, в пробах інтенсивно чорного кольору були присутні рештки рослин. Пробі мали різкий запах аміаку і сірководню. В пробах в районі с. Рахманівка зустрічаються уламки карбонатних порід, вапняки. Колір проб світлішає, з'являються прошарки крупнозернистих пісків.

Гранулометричний склад проб донних осадків р. Інгулець (верхньої частини) помірно різномірний. Середньозважені значення розміру часток для кожного окремого профілю змінюються від 0,57 до 1,53 мм (табл. 3.1).

Мінімальний середній розмір часток зафіксований для зони верхів'я ріки, де вміст техногенного матеріалу в донних осадках найменший; максимальний – для зони, наближеної до промислових об'єктів Кривбасу. Розподіл кількості матеріалу за розміром часток у пробах, що характеризують різні ділянки річища Інгульця, дозволяє виявити вплив техногенного фактору на склад донних осадків. У цілому, середній розмір часток обумовлений

речовинним складом проби, співвідношенням піщаної та глинистої фракцій та природними і техногенними мінералами заліза, що потрапляють потужними системами транспортування техногенних матеріалів: «відвал – річка», «хвостосховище – річка», «шламосховище – річка», «промисловий пил – річка».

Таблиця 3.1 – Класифікація донного осадку за розміром, %

Місця відбору проб	Гранулометричні фракції				
	Псефіти, (>2 мм)	Псаміти, (2-0,1 мм)	Алеврити, (0,1-0,05 мм)	Пеліти, (<0,05 мм)	Середньо-зважена
Профіль 1 (с. Лозуватка)	4,9	55,7	3,7	35,7	0,57
Профіль 2 (р-н Гданцівка)	5,8	90,2	1,1	2,9	0,69
Профіль 3 (р-н с. Матрьонівка)	21,3	54,8	13,7	10,2	1,53
Профіль 4 (с.Рахманівка)	16,07	60,22	2,09	21,62	1,41

Результати визначення питомої щільності донних осадків р. Інгулець наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Питома щільність донних осадків р. Інгулець

Точка відбору проб	Питома щільність, г/см ³ (усереднені значення)	Станд. відхил.
Профіль 1. (с.Лозуватка)	2,48	0,11
Профіль 2.(р-н Гданцівка)	3,11	0,31
Профіль 3. (р-н с.Матрьонівка)	3,29	0,29
Профіль 4. (с.Рахманівка)	3,18	0,18

Як видно з наведеної таблиці, питома щільність осадків частині річки, що зазнає впливу гірничо-видобувного комплексу Кривбасу значно вища (райони від Гданцівки до Рахманівки та нижче за течією). Загалом значення досліджуваного показника змінюються у діапазоні від 2,48 до 3,29 г/см³, тобто відмінність у понад 30%.

Так, відомо, що питома щільність шламів збагачення бідних залізних руд Кривбасу знаходиться в межах від 2,6 до 3,8 г/см³. Зважаючи на розташування шламосховищ двох гірничо-збагачувальних комбінатів у верхів'ях балок, що впадають до Інгульця, можна припустити, що в середній течії р. Інгулець, де показник питомої щільності складає 3,18 і 3,29 г/см³, донні осадки містять значну кількість шламів збагачення магнетитових кварцитів [24]. Це підтверджують і аномалії у розподілі гранулометричного складу проб.

Залежно від співвідношення піщаних, мулистих та глинистих частинок; включень органіки, уламків мушель, порід з яких складено береги (частіше за все вапняки) та техногенної складової показники питомої щільності проб відрізняються на 0,11-0,81 г/см³, що перевищує значення стандартного відхилення, останнє свідчить про вірогідну відмінність даного показника в залежності від місць відбору проб.

Загалом показник питомої щільності дозволяє досить точно ідентифікувати початок зони впливу гірничо-збагачувальних комбінатів на річкову екосистему.

Гірничо-видобувні роботи у Кривбасі мають безпосередній вплив на такі літологічні характеристики донних осадків, як гранулометричний склад, питома щільність та наявність магнітних часток у пробах.

Оскільки шламові (рис.3.1) частки представлені в основному важкою фракцією, то їх розповсюдження спостерігається лише у зоні наближеної до гірничих відводів та гірничо-видобувних підприємств. В проаналізованій пробах вище північної околиці Кривого Рогу (профіль с. Лозуватка) та нижче за течією від міста, кількість магнітних часток вимірюється десятими частками

відсотків. У межах Кривого Рогу кількість магнітного продукту у пробі змінюється від 59,55 % до 28,7% (район від Гданцевци до с. Рахманівка).

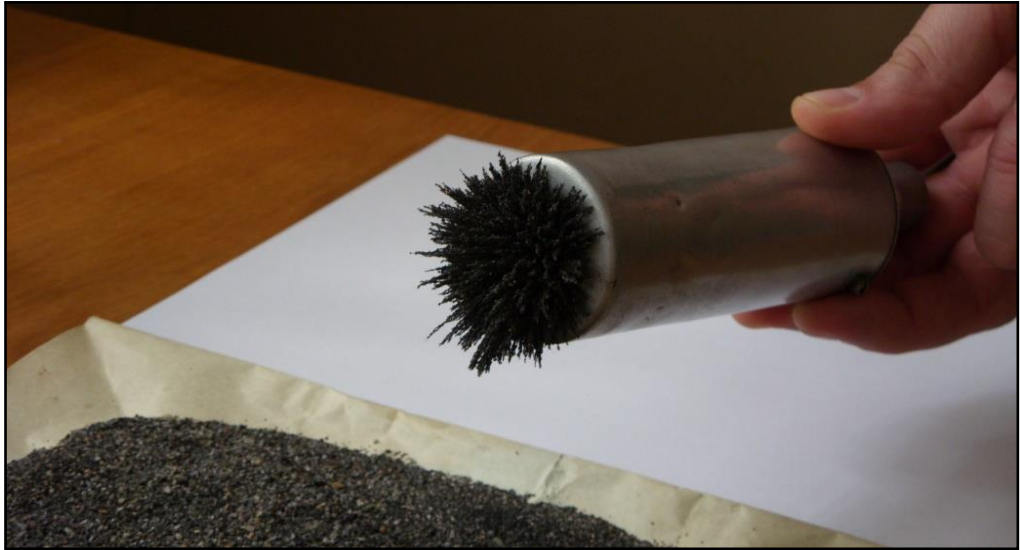


Рисунок 3.1. Визначення магнітної складової донних осадків за допомогою ручного магніту

На базі проведених досліджень було проаналізовано фізико-хімічні та хімічні параметри седименту р. Інгулець.

Сумарний вміст водорозчинних солей у пробах донних осадків визначено за сухим залишком у водній витяжці, яка представляє собою водний розчин солей, що містяться у донних осадках.

Результати досліджень вмісту водорозчинних солей у пробах донних осадків свідчать про поступове їх зниження за течією. Так, у першому профілі (р-н с. Лозуватка) вміст водорозчинних солей становить 0,83 % у 100 г сухої проби, в районі Гданцівки – 0,52; в районі с. Матрьонівка – 0,27; та залишається майже незмінним в районі с. Рахманівка – 0,29 % у 100 г сухої проби. Даний факт добре корелює з гранулометричним складом донних осадків – згідно якого найбільший вміст водорозчинних солей притаманний пробам з великим вмістом пелітів (найдрібнішої мулистій фракції) на який адсорбуються різноманітні речовини, в тому числі і солі. В центральних районах міста – місцях найбільшого впливу гірничо-видобувних підприємств

– в седименті домінують псаміти, фракція, що певною мірою складається із шламів збагачення залізної руди.

Величина рН є одним із одним із найважливіших показників якості води та характеризує стан кислотно-лужної рівноваги. Від величини значення рН залежить розвиток та життєдіяльність водної біоти, форм міграції різних елементів, агресивний вплив води на вміщуючі породи. На величину рН поверхневих вод впливає стан карбонатної рівноваги, інтенсивність процесів фотосинтезу та розпаду органічних речовин, вміст гумусових кислот. В нашому дослідженні показник рН донного осаду змінювався не значно, коливаючись в діапазоні 7,6-8,4 од. Можна відзначити, що залуження донного осаду визначалося за течією ріки, тобто рН 7,6 визначалося в районі с. Лозуватка, а рН 8,4 в районі с. Рахманівка.

Хімічний склад осаду річки Інгулець змінюється у широких межах (табл.3.3). Усереднені показники хімічного складу донних осадків засвідчують високий вміст як загального заліза так і його оксидів у відібраних пробах. Проте достатньо велика похибка свідчить про значну варіабельність даних показників.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад донних осадків р. Інгулець, %[37]

Досліджуваний показник	Статистичні показники				
	max	min	середнє значення	стандартне відхилення	середній вміст для глин і пісковиків
Fe _{заг.}	12,60	0,40	6,65	1,19	2,54
Fe ₂ O ₃	11,30	0,30	4,48	0,84	2,37
FeO	6,10	0,10	3,11	0,26	1,13
SiO ₂	87,46	48,40	64,88	4,62	67,24
Al ₂ O ₃	12,40	1,85	6,57	0,69	9,62
ВПП	15,55	2,20	7,28	2,81	-

Найбільші коливання величин визначено для загального заліза, оксиду заліза III (Fe_2O_3) та, особливо, оксиду заліза II (FeO) – 61 раз. Найменш варіативним є вміст кремнезему (SiO_2). Усереднений показник витрат при прожарюванні (ВПП) порівнянно не високий, що свідчить про незначний вміст немінералізованих органічних решток у седименті.

Порівняння складу досліджуваних осадків із середнім складом кайнозойських континентальних глинисто-піщаних порід свідчить про помітне збагачення осадків Інгульця оксидами заліза, яке пояснюється надзвичайним поширенням на водозбірній площі річки порід і руд залізисто-кременистої формації.

Співвідношення природного і техногенного джерел постачання оксидів заліза свідчить, що матеріал, який потрапив до седименту р. Інгулець, збагачений природними і техногенними мінералами заліза.

Тому вміст оксидів заліза в осадку збільшився, у порівнянні з природним станом, у кілька разів.

3.2 Рекомендації щодо покращення екологічного стану річки Інгулець

З врахуванням сучасного стану гідроекосистеми р.Інгулець доцільно навести перелік заходів, які в перспективі мають забезпечити нормальний стан річки Інгулець:

- демонтаж недіючих застарілих гідротехнічних споруд;
- запровадження системи очистки високо мінералізованих шахтних вод (демінералізації) з використанням систем зворотного осмосу;
- періодична прочистка річища на гідродинамічно не активних ділянках;
- упровадження діючої та ефективної системи екологічного моніторингу як на підприємствах міста, так і вздовж русла ріки.

Загалом можемо зазначити, що з метою запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і техногенних катастроф у Кривбасі і за його межами, пов'язаних з відкачкою, використанням та тимчасовою акумуляцією значної

кількості підземних вод, виникає необхідність у щорічному впровадженні заходів зі скидання надлишків технологічних вод в р. Інгулець. Інвестиції в природозберігаючі технології очистки та вторинного використання технологічних вод не тільки допоможуть в ревіталізації мережі річок Кривого Рогу, а й дадуть змогу гірничо-рудним підприємствам економити кошти, які сплачуються підприємствами за регламентні скиди високо мінералізованих вод.

ВИСНОВКИ

Дедалі частіше в навколишньому середовищі утворюються техногенні геохімічні аномалії внаслідок накопичення відходів гірничо-видобувного та металургійного виробництв. Їх характеризують збільшені, у порівнянні з фоновими, концентрації окремих сполук або хімічних елементів, що утворилися в результаті вилучення з надр та переробки мінеральних ресурсів. За фізико-хімічними та мінералого-петрографічними особливостями техногенні компоненти сучасного навколишнього середовища суттєво відрізняються від його природних складових. Наприклад, до річкового алювію в індустріально навантажених регіонах потрапляє велика кількість часток металургійного шлаку і шламів, продуктів збагачення рудної сировини, тощо.

Масштабні техногенні перетворення геологічної системи басейну річки Інгулець призвели до трансформації природного стану її гідроекосистеми. Відчутно змінився гідрологічний режим та гідрохімічний склад вод Інгульця; змінився склад седименту, шляхи та форми його транспортування.

Зміни гідрологічного режиму, що визначаються для р. Інгулець, обумовлюються техногенним перетворенням всієї системи: створенням каскаду водосховищ, скидами великих обсягів неочищених або мало очищених стічних вод, скидами високо мінералізованих шахтних вод та вод шламосховищ та, «промивками» річища Інгульця після скидів техногенних вод.

Результати визначення низки літо-хімічних характеристик донних осадків р. Інгулець свідчать про відмінності досліджуваних показників в залежності від зони в якій вони відбиралися: природно-антропогенній чи техногенній.

Розподіл матеріалу проб за гранулометричним складом, що характеризує різні ділянки річища Інгульця, разом із змінами хімічного складу седименту дозволяє виявити наявність техногенної компоненти в донних осадках, а саме: помітне збагачення седименту Інгульця оксидами заліза. А показник питомої щільності донного ґрунту, який у середній течії (в районі

Кривого Рогу) становить 3,18 і 3,29 г/см³ свідчить, що донні осадки містять значну кількість шламів збагачення магнетитових кварцитів.

Таким чином, можна зазначити, що під дією антропогенних чинників відбувається літо-хімічна трансформація донного ґрунту р. Інгулець, що безпосередньо впливає на стан усієї гідроекосистеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альохіна Т.М. Магнітні властивості донних осадків як критерій оцінки техногенного впливу на гідроекосистеми. Питання біоіндикації та екології. 2017. Вип. 22, №1. С. 110–127.
2. Альохіна Т.М. Природа мінливості хімічного складу донних осадків річки Інгулець: Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. К. : ІГНС, 2009. Вип. 17. С. 125–131.
3. Альохіна Т.М. Техногенні донні осадки як компонент сучасних гідроекосистем. Питання біоіндикації та екології. 2011. Вип. 16. С. 64–71.
4. Аніщенко Л.Я. Оцінка впливу регульованого скидання високомінералізованих шахтних вод Кривбасу на господарське використання р. Інгулець. Інженерія природокористування. 2019. № 4 (14). С. 91–102.
5. Багрій І.Д. Гідроекосистема Криворізького басейну стан і напрямки поліпшення. К. : Фенікс, 2005. 213 с.
6. Барщевська Н.М. Особливості басейнового підходу в геоморфології (на прикладі р. Інгул). Географія в інформаційному суспільстві: Збірник наук. праць. К., 2008. 309 с.
7. Бирюков Н.С., Казарновський В.Д. Мотылев Ю.Л. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов. М.: Недра, 1975. 178 с.
8. Богиня О.С. Хімічний склад донних відкладень річки Саксагань //Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки). 2020. Т. 1. №. 36. С. 138–142
9. Бойков М.Ф. Природа Херсонської області: фізико-географічний нарис / М. Ф. Бойко Фітосоціоцентр, 1998. 120 с.

10. Бойчук Б. Я. Антропогенний вплив на основні гідрохімічні параметри річки Прут в околицях міста Яремче. Екологічна безпека. 2019. Вип. 1. С. 50–57.
11. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. Москва. 1965. 94 с.
12. Вишневський В.І. Гідрологічні характеристики річок України. К.: Ніка-Центр, 2003. 324 с.
13. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу / В.К. Хільчевський, О.М. Гончар, М.Р. Забокрицька та ін.; за ред. В.К. Хільчевського та В.А. Сташука. К.: Ніка-Центр. 2013. 256 с.
14. ГОСТ 12536-79. Ґрунти. Методи лабораторного визначення зернового (гранулометричного) складу.
15. Дятлов С.Є. Антропогенне забруднення та токсичність донних відкладень узмор'я р. Дунай: матеріали конференції V Всеукраїнського з'їзду екологів, 23-26 вересня 2015 р. Вінниця, 2015. С. 34
16. Загальна характеристика р. Інгулець URL: <http://www.novaecologia.org/voecos-1908-1.html> (дата звернення: 10.05.2023)
17. Іванченко В.В. Мінералогія донних відкладів р. Інгулець: Записки Українського мінералогічного товариства. 2011. Т. 8. С. 99–102
18. Клименко М. О. Методичні рекомендації до проведення екологічної оцінки якості донних відкладів водних об'єктів. Рівне: НУВГП, 2016. 28 с.
19. Ковальчук П.И. Сценарне моделювання промивки річки Інгулець при подачі води на зрошення. Індуктивне моделювання складних систем: Зб. наук. пр. К.: МННЦ ІТС НАН та МОН України, 2016. Вип. 8. С. 117–126.
20. Коновець І.М. Еколого-токсикологічне дослідження рівнів забруднення води та донних відкладень р. Нивка в районі аеропорту «Київ». Рибогосподарська наука України. 2013. №2. С. 32–44.

21. Кравчинський Р. Л. Стік розчинених хімічних речовин з водами р. Інгулець. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2010. Т. 2. С. 155–161
22. Кравчук Г. О. Сучасні зміни умов осадконакопичення та бентосні форамініфери як індикатори забруднення донних відкладів північно-західного шельфу Чорного моря: дис. канд. геол. наук: 04.00.10 / Геннадій Олегович Кравчук, 2004. 214 с.
23. Лепихин А. П. Роль донних отложений в формировании качества воды рек западного Урала. М. : Прогресс, 1995. 158 с.
24. Літологія сучасних донних осадків поверхневих водойм Криворізького залізорудного басейну / Агаджанов М.Є., Бобко А.О., Малахов І.М., Альохіна Т.М., Іванченко В.В. Сер. Геологічне середовище антропогенної екосистеми. – Кривий Ріг: Октан Прінт, 2008. 110 с
25. Мадж С.М. Визначення потенційної небезпеки донних відкладів гідроекосистем з інтенсивним техногенним навантаженням. Наукоємні технології. 2016. № 3. С. 331–334
26. Маджд С. М. Екологічна оцінка якості поверхневих і ґрунтових вод, в районі експлуатації та ремонту авіаційної техніки. Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць. Міністерство освіти і науки України, Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. К., 2012. Вип. 9. С. 116–122.
27. Максимова Н.М. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну річки Інгулець в середній течії. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету. Технічні науки. 2019. С. 137–145.
28. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підручник/ Г.І. Гринь та ін. Сєверодонецьк. Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. 420 с.
29. Ніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. К.: НікаЦентр, 2001. 264 с.
30. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Частина 1. Нормування інгредієнтного забруднення: навчальний посібник / Петрук В. Г. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2013. 253 с.

31. Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов: РД 52.24.609-2013. Введен 02.09.2013
32. Романчук М.Є. Аналіз змін хімічного складу води в басейні середнього та Нижнього Дніпра (на прикладі річок Псел, Хорол та Інгулець). Водні біоресурси та аквакультура, 1 (9). 2021 С. 247–263.
33. Салій І. В. Аналіз і дослідження стану ґрунтів і гідросфери Кривбасу. Екологічні науки. 2020. № 4. С. 20–26.
34. Федорус С. В. Особливості поліпшення екологічного стану р. Інгулець. Біорізноманіття: теорія, практика, формування здоров'язберезувальної компетентності у школярів та методичні аспекти вивчення у закладах освіти: Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, 2020. С. 220–223.
35. Якість води. Відбирання проб. Частина 12. Настанови щодо відбирання проб донних відкладів: ДСТУ ISO 5667-12-2001. Чинний з 01.01.2003
36. Google Maps URL: <https://maps.google.com/> (дата звернення:10.05.2023)
37. Дослідження екологічного стану територій пост-майнінгу в Україні на прикладі Криворізького басейну та його оточення. *Колективна монографія* / С.О. Довгий, В.В. Іванченко, М.М. Коржнев, Т.М.Альохіна // Київ, «Ніка-Центр». – 2021. – 196 с.