

--	--	--

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Зав. кафедрою екології

доц. Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » грудня 2025р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «магістр»
на тему: «Моніторинг екологічного стану річки Мокра Сура»

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу, групи

МгЕ-1-24 спеціальності

101 «Екологія»

Денис Гарбар

Керівник _ _ проф.Микола Харитонов

Рецензент _____

Дніпро 2025

--	--	--

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет: Водогосподарської інженерії та екології

Кафедра: Екології

Освітньо-професійна програма: «Екологія»

Спеціальність: 101 «Екологія»

Ступінь вищої освіти: Магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою екології

_____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на підготовку кваліфікаційної роботи

Гарбару Денису Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Моніторинг екологічного стану річки Мокра Сура
2. **Науковий керівник:** проф. Микола Харитонов
затверджена наказом по ДДАЕУ від «15» жовтня 2025 р. № 3074
3. **Термін подання здобувачем роботи:** 16.12.2025 р.
4. **Вихідні дані до роботи:** Дані гідрохімічного моніторингу р. Мокра Сура (2007–2011 рр.); супутникові знімки Landsat-5 та Sentinel-2B; методики розрахунку ІЕІ та SAR; чинні екологічні нормативи.
5. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):** Вступ; 1. Огляд літератури; 2. Об'єкти, умови, місце та методика проведення досліджень; 3. Результати досліджень та їх обговорення; 4. Економічна частина; 5. Охорона праці; Висновки.
6. **Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):**
Рисунків – 14
Таблиць – 8
Використаної літератури – 25
Розділів – 5
Сторінок – 57 (орієнтовно)

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 20 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел, характеристика об'єкта та району досліджень	17.10.2025 – 24.10.2025	Виконано
2	Обробка вихідних даних, опис методик досліджень та відбору проб	25.10.2025 – 03.11.2025	Виконано
3	Проведення розрахунків IEI, SAR та аналіз даних дистанційного зондування	04.11.2025 – 18.11.2025	Виконано
4	Виконання економічних розрахунків та розробка заходів з охорони праці	19.11.2025 – 26.11.2025	Виконано
5	Узагальнення результатів, формулювання висновків, оформлення пояснювальної записки	27.11.2025 – 02.12.2025	Виконано
6	Підготовка графічного матеріалу та подання роботи на кафедрі	03.12.2025 – 04.12.2025	Виконано

Здобувач _____ Денис Гарбар

(підпис)

(Ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____ Микола Харитонов

(підпис)

(Ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Вступ; 1. Огляд літератури; 2. Об'єкти, умови, місце та методика проведення досліджень; 3. Результати досліджень та їх обговорення; 4. Охорона праці; Висновки. Повний обсяг роботи – 57 сторінок друкованого тексту, 14 рисунків та 8 таблиць. Перелік посилань містить 25 найменувань.

Мета роботи – проведення комплексної оцінки екологічного стану басейну річки Мокра Сура на основі аналізу гідрохімічних показників та використання сучасних методів дистанційного зондування Землі для прогнозування змін якості води.

Об'єкт дослідження – процеси формування якості поверхневих вод басейну річки Мокра Сура в умовах антропогенного навантаження.

Предмет дослідження – гідрохімічні показники якості води, інтегрований екологічний індекс (IEI), показники засолення (SAR) та спектральні характеристики водної поверхні за даними космічної зйомки.

Завдання:

Проаналізувати природно-кліматичні та гідрологічні характеристики району досліджень.

Розрахувати інтегровані екологічні індекси (IEI) для оцінки придатності води для рибогосподарських та культурно-побутових потреб.

Оцінити ризик вторинного засолення ґрунтів при зрошенні водами річки за коефіцієнтом SAR.

Провести моніторинг забруднення акваторії річки з використанням мультиспектральних космічних знімків Landsat та Sentinel.

Встановити кореляційно-регресійні залежності між даними наземного моніторингу та дистанційними індексами.

Методи, які застосовувались: системний аналіз, розрахунково-аналітичні методи (визначення IEI та SAR), статистичний аналіз (побудова сплайн-регресій), методи дистанційного зондування Землі (обробка супутникових знімків, розрахунок спектральних індексів TCW), графічні методи.

Зміст

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1. Сучасний екологічний стан водних ресурсів та фактори антропогенного впливу.....	8
1.2. Проблеми моніторингу якості води та перспективи дистанційного зондування.....	10
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, УМОВИ, МІСЦЕ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	13
2.1. Характеристика району протікання річки.....	13
2.2. Гідрологічна характеристика басейну річки Мокра Сура.....	18
2.3. Оцінка ризику засолення ґрунтів від зрошення за коефіцієнтом SAR.....	20
2.4. Методологія розрахунків інтегрованого екологічного індексу (IEI).....	22
2.5. Оцінка забруднення води басейну річки Мокра Сура з використанням методів дистанційного зондування.....	23
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	24
3.1. Геохімічна та гідрохімічна оцінка стану басейну річки Мокра Сура.....	24
3.2. Моніторинг стану екологічної якості води ріки Мокра Сура.....	29
3.3. Використання даних наземного обстеження для дистанційного зондування стану забруднення ріки Мокра Сура з часом.....	36
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	40
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	52

ВСТУП

Забруднення та засолення водних об'єктів в результаті життєдіяльності людини стають техногенними чинниками, які призводять до негативного перебігу біологічних процесів у водоймах. Процесу забруднення протидіє процес комплексного самоочищення водного об'єкту. На протязі декількох десятиріч по всіх областях України був організований моніторинг стану поверхневих вод в Дніпрі, середніх та деяких малих річках. Регіональні обласні екологічні інспекції проводили в установлені терміни відбір проб води в певних створах. Отримані результати у вигляді звітів вантажились щорічно на сайт Міністерства з захисту довкілля та природних ресурсів України. У 2012 році роботи з проведення моніторингу стану поверхневих вод були припинені.

Між тим, важливість досліджень, які проводились в вищезазначений період є дуже великою і потребує продовження, особливо в період масштабної військової агресії Росії в Україну. Особлива увага повинна бути надана тим річкам, які протікають неподалік від промислових підприємств. Це надасть можливість своєчасного реагування на неочікувані порушення і забруднення води спричинені бомбардуванням промислової інфраструктури підприємств.

Річка Мокра Сура протікає в межах двох індустріальних міст – Кам'янське і Дніпро. Метод дистанційного зондування територій дозволяє оцінити рівень забруднення відкритих водних об'єктів по всій їх течії. Отже робочою гіпотезою наших досліджень було провести калібрування даних дистанційного зондування Землі з використанням існуючої бази даних після відповідних розрахунків. Метою нашого дослідження було вирішення наступних завдань: а) розрахунок інтегрованих показників якості води навколишнього середовища; б) встановлення статистичних залежностей між показниками якості води, отриманими за космічними знімками та даними фактичних вимірювань.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Сучасний екологічний стан водних ресурсів та фактори антропогенного впливу

Щороку до водосховищ Дніпропетровської області подається близько 1,68 млрд м³ стічних вод. Недостатньо очищені або неочищені скиди становлять майже третину [10].

Обсяг скидів за півстоліття збільшився в тисячу разів. В результаті склалася кризова гідроекологічна ситуація. На жаль, регенераційна здатність Дніпра та його приток не забезпечує відновлення порушеного екологічного балансу.

В екосистемах басейну річки Дніпро діють разом кілька факторів антропогенного походження [3]. Евтрофікація, спричинена високим рівнем біогенів (сполук азоту та фосфору). Процес сапробності пов'язаний з надмірною концентрацією органічних речовин у воді. Хімічне забруднення є фактором надходження у водосховище речовин неорганічного та органічного походження [13]

Зрошення та підвищення рівня ґрунтових вод є одними з основних причин вторинного засолення в посушливих та напівпосушливих регіонах, процес, що посилюється під впливом зміни клімату. Зростаючий попит на воду для зрошення, викликаний підвищенням температури та тривалими фазами посушливої погоди, призвів до використання неякісних джерел, що сприяє погіршенню якості ґрунтових та поверхневих вод [16].

За оцінками, у світі 20% загальної площі оброблюваних та 33% зрошуваних орних земель страждають від високої засоленості, і понад 50% орних земель можуть бути засолені до 2050 року, якщо останні тенденції збережуться. Вода життєво важлива для функціонування гірничодобувної

промисловості, де вона використовується для роботи обладнання (буріння, подрібнення, флотація, перекачування пульпи у сховища відходів), а також для технологічних операцій вибухових робіт для осадження пилу на залізородних кар'єрах з видобутку залізної руди.

У деяких областях південного сходу України, що постраждали від гірничодобувної промисловості, зокрема в Дніпропетровській та Донецькій, стічні води від шахт суттєво змінили гідрологічні та хімічні властивості місцевих річок. Об'ємна частка стічних вод у цих річкових системах може сягати 30–50% від загального стоку. Як наслідок, якість води в багатьох середніх та малих річках зараз не відповідає зрошувальним стандартам, що створює ризик залужнення ґрунту.

Історично склалося так, що зрошувальні канали, створені в минулому столітті в Дніпропетровській та Донбаській областях, були надійними джерелами якісної води з річки Дніпро для зрошення сільськогосподарських культур у степовій зоні України [20].

Підрив Каховської греблі на річці Дніпро у 2023 році призвів до ліквідації третини (19 мільярдів кубічних метрів) запасів прісної води України, чистої питної води для 6 мільйонів людей та побутового водопостачання для понад 13 мільйонів. Крім того, руйнування Каховської греблі зупинило роботу 31 зрошувальної системи в Дніпропетровській, Херсонській та Запорізькій областях, що вплинуло на загальну площу зрошуваних земель приблизно 584 000 гектарів. Через обмежений доступ до високоякісної зрошувальної води фермери звернулися до місцевих малих та середніх річок, багато з яких зараз мають високу засоленість через десятиліття скидів шахтних робіт.

Високий рівень солей натрію та хлору у воді з цих річок негативно впливає на фізіологію рослин, що призводить до зниження росту та врожайності сільськогосподарських культур. Річка Мокра Сура є найбільшою притокою Дніпра. Основним джерелом забруднення в нижній та середній

частині річки є промислові підприємства міст Дніпро та Кам'янське. Ризик техногенного забруднення підсилюється з початку розв'язаної Росією війни проти України. Особливий ризик для техногенного засолення та забруднення річки Мокра Сура становлять сховища переробленої на придніпровському хімічному заводі уранової руди, розташовані неподалік від с.м.т Сухачівка [22]. Проведене наземне обстеження техногенного забруднення ландшафтів стало основою для визначення певних ризиків для відкритих водойм (включно річки Мокра Сура та Копоплянка) за допомогою методу дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

1.2 Проблеми моніторингу якості води та перспективи дистанційного зондування

Необхідно прогнозувати майбутні зміни якості води, розробляти повноцінну систему моніторингу та інші заходи щодо захисту водойм під час вивчення процесів у водних екосистемах. Довгостроковий гідрохімічний контроль басейну річки Дніпро у Дніпропетровській області здійснювався в хіміко-аналітичних лабораторіях, підпорядкованих Міністерству екології та охорони навколишнього середовища та Комітету водного господарства України з 1995 по 2011 рік за встановленими пунктами відбору проб води [5].

В останні роки ця регіональна програма моніторингу якості навколишнього середовища водних об'єктів скоротилася. Тому актуальним є застосування методів ДЗЗ для оцінки забруднення водойм, виявлення «гарячих точок» – місць скидання стічних вод для подальшого прогнозування можливих ризиків забруднення навколишнього середовища.

Недоліками наземного моніторингу водних об'єктів є незадовільна ефективність визначення якості води в окремих точках. Це не дозволяє характеризувати якість у відкритих частинах водосховищ. Для оцінки стану

водних об'єктів використовуються спеціальні дистанційні індекси, які є комбінацією спектральних каналів геодезичного обладнання. Найбільш поширеними були індекси NDTI (Нормалізований різницевий індекс каламутності), NDPI (Нормалізований різницевий індекс ставка), NDWI (Нормалізований різницевий індекс води) тощо [18].

Використання цих індексів дозволяє краще візуалізувати просторові відмінності поверхні водойм. Вилучення даних про водойми за допомогою знімків дистанційного зондування є ефективним способом дослідження та моніторингу водних ресурсів. Зокрема запропонований модифікований метод вилучення даних про водойми, який тестується за допомогою знімків Landsat-8 OLI. Згідно з цим методом, спочатку генеруються бінарні зображення за допомогою класифікації, перетворення Tasseled Cap та нормалізованого різницевого індексу води, а потім об'єднуються для отримання «маски». Далі водойми розмежовуються шляхом «маскування» знімків Landsat-8 OLI, а потім уточнюються шляхом видалення хибних областей за допомогою контрольованої класифікації. З отриманих карт водойм було доведено, що тіні, пов'язані з рельєфом місцевості, на знімках були ефективно усунені, а притоки річок та штучні канали були точно розмежовані з точністю до 94%. Отже, порівняно з кількома сучасними методами вилучення даних про водойми, модифікований метод дозволив отримати карти водойм з кращою візуалізацією та дещо покращеною точністю (Gao et al., 2016). Тим часом нашу увагу привернув мультиспектральний індекс TCW (Tasseled Cap Wetness).

Цей індекс можна отримати після аналізу даних відбиття від поверхні води з шести каналів. Таким чином, стає можливим не лише розділяти водні та неводні об'єкти, але й визначати певні відмінності [21].

Зрозуміло, що гідрологічний стан води під час її течії через русло річки змінюється від ламінарного до турбулентного. Струменеві течії змінюють своє положення з глибиною. Отже, подальше застосування методів прямого

оперативного фізико-хімічного контролю забруднення води потребує подальшого розвитку. Водночас, включення до системи дистанційного зондування етапу валідації або калібровки даних, отриманих за допомогою раніше проведених аналізів забруднення поверхневих вод, значно підвищує достовірність отриманої інформації [17].

РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТИ, УМОВИ, МІСЦЕ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика району протікання річки

Ріка Мокра Сура, що є основною водною артерією розгалуженої гідрографічної мережі, бере початок біля південних околиць м. Верховцево Верхньодніпровського району, і прокотившись 13 км на північний схід, повертає біля села Вишневого (вже Криничанського району) на південь. Нижче райцентру Криничок, де русло річки перетворено на низку рибогосподарських ставів, Мокра Сура вперше починає сильно меандрувати, приймає в себе праву притоку р. Грушевку, а ще через 12 км – найбільший свій доплив – Комишувату Суру (дві останні річки течуть в напрямку з південного заходу на північний схід).

Сильно звиваючись, але зберігаючи в цілому південно-східний напрям, за 8 км після злиття з Комишуватою Сурою, Мокра Сура вбирає в себе й р. Тритузну (що колись ще йменувалася Стовповою Сурою). Остання тече з півдня на північ. Комишувата Сура й Тритузна з усіма своїми допливами адміністративно знаходяться переважно в Солонянському районі, Мокра Сура протікає через Верхньодніпровський, Криничанський, Солонянський та Дніпропетровський райони, Суха Сура майже повністю знаходиться в межах Дніпропетровського району. Суха Сура впадає в Мокру з півночі, і звідси Мокра Сура поступово піднімається на північ і далі – на південний схід.

У Дніпро Мокра Сура впадає приблизно на 130 км свого плину, навпроти затопленого тепер Сурського порогу, другого в каскаді Дніпрових порогів. А от разом з усіма основними допливами (Сухою та Комишуватою Сурою,

Тритузною (разом із “Сухою Сурою-2”), Грушевкою та Любимівкою) довжина гідрографічної мережі Посур’я складає понад 300 км.

Басейн Мокрої Сури межує з півночі та сходу з вузькою смугою правобережного макросхилу Дніпра, з південного сходу – з басейном р. Томаківки, з півдня – Малої Кам’янки, з південного сходу – р. Солоні, із заходу – із басейнами р. Базавлука і витокami р. Саксагані, й нарешті з північного заходу – р. Самоткані.

Рослинний покрив. Степова рослинність відрізняється достатнім різноманіттям. По-перше, слід розрізняти власне трав’янисті степи, чагарникові та чагарничкові степи. Крім того, існують ще й кам’янисті степові угруповання.

Справжні трав’янисті степи можна вишикувати в певний екологічний ряд за ступенем антропогенної дигресії: найкраще збережені ділянки, приурочені до місць, рівновіддалених від населених пунктів. Це комплекс різнотравно-типчачково-ковилових угруповань з участю у складі домінантів ковил: Лесінга, найкрасивішої, пухнастоквіткової та української. У складі таких угруповань чимало дуже рідкісних степових рослин – астрагал одеський (разом із знахідками в басейні Домоткані у 2004 р. це най північніші точки його ареалу), дрік донський, цибуля жовтіюча та ін. Поширеними тут є степові ефемероїди – белевалія сарматська, брандушка різнокольорова [5].

Чагарникові степи, що створюють своєрідного вигляду ландшафти степових “рідколісь” на пологих схилах долини й балок, досить поширені в Посур’ї. Вони найчастіше мають ознаки середнього ступеню пасквальної дигресії і, вірогідно, своїм походженням якраз і зобов’язані тривалому, але помірному випасанню крупної рогатої худоби по балках. З чагарників та дерев найпоширенішими тут є глід кривочашечковий, груша звичайна, у другому під’ярусі – види шипшини, рідше – терен степовий, берест та ін.

Травостій може бути різного ступеню порушеності, але досить різноманітним за складом угруповань: тут і суцільні ковильники із ковилою

волосистою, і типчаково-келерієві стеги, й найбільш територіально поширені шавлієво-тонконогові угруповання (з шавлією дібровою та тонконогом вузьколистим). На більш зволожених ділянках трапляються латки угруповань з домінуванням стоколосу звичайного та суничникові стеги.

Своєрідними для верхів'їв Мокрої Сури є так звані "горицвітові стеги" (можуть бути як з чагарниковим ярусом, так і без нього, так само як і суничникові стеги) – на таких ділянках (переважно по південних схилах) масово зростає горицвіт волзький, його кущики ще до кінця червня беруть помітну участь у формуванні фітомаси і кольорового аспекту степових схилів. Змиті і південні сухі схили вкриті найчастіше закономірними для таких умов угрупованнями бородачу звичайного й кринітарії волохатої, із значною участю інших ксерфітних видів.

Навесні по таких ділянках нерідко трапляється рідкісний в наших місцях талабан ранній, а влітку – громовик напівкрасильний, кермек замшевий. Чагарничкові стеги зазвичай тяжіють до цілих ділянок і займають незначні площі – вони представлені дерезняками з караганною чагарниковою, зіноватевими дерезняками, рідкісними (принаймні на відомих нам ділянках) шипшинниками із шипшиною найколючішою, а також угрупованнями з участю мигдалю степового.

По більш крутих схилах балок, особливо по вузьких балках – там, де протилежні схили сходяться близько один до одного, формуються лучні стеги з рясним багатотрав'ям. Дуже своєрідно виглядають угруповання такі угруповання, коли суцільній квітучий аспект утворюють азинеума сірувата (з ясно-синіми суцвіттями), волошка східна (з яскраво-жовтими кошиками суцвітть), суцільні зарості серпю приківткового (з кремово-рожевими кошиками), астрагал понтичний (високі пагони із зеленкувато-жовтими великими суцвіттями) і т.ін.

Не в кожний рік, але нерідко сурські степи в середині червня вкриваються суцільними блакитними поволоками льону шорсткого. По глинистих сильно змитих схилах формуються потужні зарості чебрецю. Втім останні угруповання навряд чи можна віднести до справжньої степової рослинності, проте вони тісно пов'язані як із степами, так і з наступним типом угруповань [11].

Петрофільна рослинність Посур'я, генезисом і екологічною структурою дуже близька до справжніх степів. Приурочена вона до виходів кристалічних (переважно гранітних та гнейсових) порід на денну поверхню як по берегах Мокрої Сури, так і подекуди в балках (як, наприклад, в районі с. Сурсько-Литовського, у балці Зміїній, біля сіл Аполонівки та Новомиколаївки ін.). Петрофітон Посур'я є характерним для регіону в цілому – тут поширені наступні характерні види – очитки їдкий та Рупрехта, молодило руське, авринія скельна, кизильник чорноплідний.

З малопоширених видів рослин на скелях і жорстві біля Сурсько-Литовського зустрічаються люцерна маленька та переломник великий. По верхівках схилів, де відслонюються скелясті породи, часто зустрічаються степові угруповання зі стоколосом береговим. Навесні скелі вкриваються різними видами зірочок, соном чорніючим, півниками карликовими, а подекуди – суцільними чорно-зеленого кольору шапками моху – гримії. Взагалі ж петрофільні угруповання, хоча й займають зовсім невеличкі площі в масштабах долини, відіграють дуже важливу роль у збереженні біорізноманіття і є осередком зростання багатьох рідкісних та ендемічних видів.

Байраки у верхів'ї Мокрої Сури приурочені до макросхилу північної експозиції долини, а також – до верхів'їв балок, що впадають в Мокру Суру з півночі (район ст.. Воскобійня).

Луки є рослинною формацією, що населяє безпосередньо річкову долину, а також вузькими стрічкоподібними смугами представлена в тальвегах балок-допливів. Найбільш поширеною є звичайна й характерна на лучних просторах

Степового Придніпров'я група асоціацій костриці східної, які зростають на ґрунтах із незначним засоленням. Великі суцільні масиви східнокострицевих лук зустрічаються на лівому березі р. Мокрої Сури, в заплаві біля с. Іль'їнка, Кринички та ін. За свідченням редактора журналу «Свята справа» П.Т. Чегорки, на околиці одного з Лубинських байраків йому зустрічались поодинокі екземпляри косариків тонких – рідкісної суто лучної рослини. Перехідне положення між степовою, справжньою узлісною та лучною рослинністю займають трав'янисті угруповання навколо байраків.

Пом'якшений мікроклімат, схрещування різних рослинних формацій, досить контрастних між собою, пояснюють особливе багатство флори байрачних узлісь. Тут особливо часто можна зустріти такі раритети, як ломиніс цілолистий, зіновать Ліндемана, валеріану високу, степову вишню та ін.

Прибережно-водна рослинність. У верхів'ях як Мокрої Сури, так і всі її доплив, русла водостоків являють собою вузькі канали, що нерідко повністю пересихають в посушливі періоди року. Там, де й тече вода постійно, найчастіше прибережно-водна рослинність зростає вздовж берегів вузькими смужками від декількох десятків см до 2-3 м. В більш широких ділянках заплави, де русло може розтікатись ширше, спостерігається певне заболочування тальвегу – в таких умовах нерідко розвиваються суцільні очеретові зарості, а в місцях із випасом та засоленням при поверхневих шарів ґрунту можна нерідко зустріти фрагменти фітоценозів, близьких до солонцюватих осокових боліт. Крім осок, значну участь у складанні фітомаси таких угруповань відіграють види ситників, в першу чергу – ситник Жерара.

Іноді він утворює майже монодомінантні або змішані з ситнягом болотним фітоценози. В середній течії Мокрої Сури і пониззях її допливів вздовж русел формуються бордюрові стінки з очерету південного, рогозів широколистого та вузьколистого, нерідко трапляються смуги з лепешняку великого, острівки куги

Табернемнотана, а по пологих берегах також досить поширеними є смуги з мітлиці тонкої та інших видів цього роду.

Не зважаючи на потужний антропогенний вплив, на окремих ділянках басейну Мокрої Сури зберігся достатньо високий потенціал природних та напівприродних екосистем. З них найважливіше значення для національної екомережі мають степові ділянки, петрофільні відслонення та байрачні ліси. В регіональному вимірі не менш важливими представляються й інші рослинні формації, зокрема – луки, навколводна та водна рослинність, у складі яких також є рідкісні види й угруповання. [7]

2.2. Гідрологічна характеристика басейну річки Мокра Сура

Гідрологічна вивченість верхів'я басейну р. Мокра Сура достатня. Постійний водомірний пост діє тут (в смт Кринички) з 30 жовтня 1945р., на якому виконуються спостереження за рівнями, а з 1951 р. – за витратами води, льодовими явищами. На водомірний пост, починаючи з 1978 р., значний вплив здійснює перекачка води з р. Дніпро в систему ставків Криничанського рибгоспу (в теплий період року), яка часто перевищує природний стік самої ріки. Басейн в плані має трикутну форму з вершинами кутів у витокі і гирлі ріки, а також у витокі Комишуватої Сури. Його довжина від витокі до гирла 70 км, а ширина знаходиться між 40 та 60км.

В середній частині нижче м. Верховцево до с. Барвінок заплава суха, частково розорана, нижче і вище цієї ділянки заплава обводнена, заросла вологолюбною лучною рослинністю. В рельєфі заплави між с. Вишневе і смт.

Кринички починають проявлятися I і II надзаплавні тераси, на яких здебільшого розташовані села (Вишневе, Барвінок, Новоселівка, Степанівка, Зелений Кут, Ільїнка, Чернече, Червоний Яр, Грімуче, Суворовське, смт.

Кринички). Заплави великих балок-приток річки Мокра Сура мають ширину до 150 м, переважно сухі, у верхів'ях обводнені. В пониззі великої балки Любомирівської збереглась велика ділянка заплавного лісу з верб, осокорів, з обводненим руслом із заростями вологолюбної рослинності (очерет, рогіз, осоки, ситники, хвощ та ін.) [6, 9].

Основні гідрографічні показники річки Мокра Сура наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Гідрографічна характеристика річки Мокра Сура

№№ п/п	Найменування рік, балок	Чия притока	Притока права чи ліва	Відстань від гирла, км	Довжина русла, км	Площа басейну, км ²	Середньозважений уклон, ‰	Середня висота басейну, м БС
1	Суха Сура (Сурка)	М.Сура	пр.	7,5	17,7	111	4,23	116
2	б. Зустрічна	-«-	л.	16,8	9,8	22		
3	б. Краснопольська	-«-	л.	19,2	14,3	64	6,09	123
4	Суха Сура	-«-	л.	50,0	45,5	435	1,41	123
4.1	б. Долинська-Грушки	С.Сура	л.	26,7	19,5	116	2,93	127
4.1.1	б. Гола	Долинська	л.	5,4	14,3	43	5,93	130
4.2	б. Розоловата	С.Сура	л.	29,0	16,7	73	4,52	132
5	Солона	М.Сура	пр.	57,3	17,5	108	3,93	110
5.1	б. Нанькова	Солона	л.	6,2	11,8	23	6,21	114
6	Тригузна	М.Сура	пр.	58,1	38,8	288	1,64	108
6.1	Суха Сура	Тригузна	пр.	6,6	21,0	119	2,93	111
6.2	б. Тригузна	Тригузна	пр.	27,2	11,2	26		
7	Комишувата Сура	М.Сура	пр.	69,8	62,3	636	0,71	114
7.1	б. Новопетриківська*	Комиш. Сура	л.	4,5	10,0	24		
7.2	б. Ряба	-«-	пр.	34,7	15,0	82	5,93	118
7.3	Любимівка	-«-	л.	38,0	22,5	130	2,72	127
7.4	б. Божедарівка	-«-	л.	52,2	12,9	56		
7.5	б. Сурська	-«-	л.	55,0	12,3	35		
8	б. Котелка	М.Сура	пр.	76,0	12,5	49	5,93	109
9	Грушівка	-«-	пр.	89,6	38,0	210	1,92	122
10	б. Дібовська*	-«-	пр.	98,7	12,5	38	6,67	125
11	б. Одарівська*	-«-	пр.	110,8	10,1	49	5,64	126
12	б. Любомирівська*	-«-	пр.	116,1	15,0	82	3,24	125
12.1	б. Червоноукраїнська*	Любомирівська	пр.	1,9	9,9	35	5,25	
13	б. Кислицька	-«-	л.	123,0	11,9	38	4,12	138
14	б. Семенівська*	М.Сура	пр.	124,7	12,0	37	4,30	132
15	б. Суха Сура	-«-	пр.	130,6	9,9	48	3,49	
	Всього притоки:				504,9			
	Мокра Сура	Дніпро	пр.	402	144,3	2830	0,25	117

Примітки: 1* - назви балок, помічені зірочкою, приведені по назвах найближчих до витоків населених пунктів;

Основним джерелом постачання води до річки Мокра Сура є процеси танення снігу та випадіння дощів. У меншій кількості вода надходить з джерел.

Отже, потрібні додаткові дослідження для виявлення невеличких джерел, криниць, створення гідрографічної мережі ставків як заходу утримання сприятливого для сільськогосподарських культур мікроклімату.

2.3. Оцінка ризику засолення ґрунтів від зрошення за коефіцієнтом SAR

Забезпечення сталого зрошуваного землеробства залежить від потрібної кількості та якості води. У недалекому минулому ні іригатори, ні сільськогосподарські консультанти не мали приділяти багато уваги ні постачання, ні якості зрошувальної води. Запаси якісної води, що добре підходять для зрошення сільськогосподарських культур, були вдосталь, загалом безперешкодними та не обов'язково ретельно контролювалися чи регулювалися. Однак зростаюча конкуренція за використання води та підзвітність за її використання сприяли посиленню контролю за тим, як саме використовується вода, скільки води доступно населенню для несільськогосподарських потреб та які методи впливають на якість водних ресурсів нашої країни.

Відповідно, іригатори у багатьох водозбірних басейнах та зрошувальних районах змушені зіткнутися зі зміною практик та реагувати на посилення контролю за тим, як найкраще керувати наявними водними ресурсами. Поряд із цим зростає увага до якості води, доступної для зрошення. Фактично, зростаюча конкуренція за використання обмежених запасів води стала поштовхом для деяких іригаторів розглянути використання води, яка раніше вважалася лише гранично якісною

та придатною для зрошення. Тенденція збільшення частки натрію в центрах катіонного обміну за рахунок інших типів катіонів (перш за все, кальцію та магнію) оцінюється за допомогою коефіцієнта адсорбції натрію (SAR), який є відношенням концентрації натрію до концентрації квадратного

кореня із середньої концентрації кальцію та магнію у воді для зрошення або в ґрунтовому розчині.

Наявність або внесення бікарбонатних та карбонатних іонів у зрошувальну воду збільшує небезпеку проникності, що кількісно визначається за допомогою SAR. Зрошення ґрунту, багатого на кальцій або магній, водою, що містить карбонатні або бікарбонатні іони, призведе до утворення нерозчинного карбонату кальцію та магнію, тим самим знижуючи концентрацію кальцію та магнію, що застосовується до розрахунку SAR. Класифікацію зрошуваних вод щодо їх здатності до осолонцювання ґрунту визначали за рекомендаціями департаменту сільського господарства США. Вона ґрунтується на визначенні коефіцієнту осолонцювання (SAR) обчислюється за формулою [20, 23]:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{Ca + Mg / 2}}$$

Ризики осолонцювання ґрунтів оцінюються за чотирма рівнями: перший рівень (0-10) це малий ризик, другий рівень (10-18) це середній ризик, третій рівень (18-26) це високий ризик і, нарешті, четвертий рівень (більше 26) трактується як дуже високий ризик засолення.

2.4. Методологія розрахунків інтегрованого екологічного індексу (ІЕІ).

У даній роботі була створена також база даних за результатами розрахунку екологічної оцінки якості води ріки Мокра Сура у межах Дніпропетровської області на основі обчислення інтегрального показника – комплексного (інтегрованого) екологічного індексу (ІЕІ) [21].

Отже, використана в даній роботі методика оцінки якості поверхневих вод стала основою для аналізу даних гідрохімічного контролю та з'ясування тенденцій зміни їх якості.

Вихідними даними для екологічної оцінки якості води були результати систематичного гідрохімічного контролю басейну Мокрої Сури з 2007 по 2011 роки, в 4 контрольних створах: 1 – с. Сурсько-Литовське; 2 – с. Братське; 3 – с. Новомиколаївка; 4 – с. Новоолександрівка. Дані оцінки хімічного складу річкових вод були взяті з щорічних звітів екологічної інспекції Дніпропетровської області.

Розрахунки інтегрованого екологічного індексу (ІЕІ) проводили з урахуванням трьох груп показників:

- 1) показників сольового складу;
- 2) трофо-сапробіологічні (еколого-санітарні);
- 3) токсиканти.

Індекс (I_e) обчислювали по формулі:

$$I_e = (I_a + I_b + I_c) / 3, \quad (2.2)$$

де I_a , I_b , I_c – факторні індекси, які були обрані у випадку домінування одного з параметрів у кожній групі складових.

Відповідно до значень ІЕІ запропоновані три класи чотири категорії якості поверхневих вод, в тому числі перший клас першої категорії – дуже чисті; другий клас друга категорія – чисті, третя категорія – помірковано забруднені; третій клас 4 категорія – забруднені, п'ята категорія – брудні

2.5. Оцінка забруднення води басейну річки Мокра Сура з використанням методів дистанційного зондування.

Геоморфологічна оцінка водної мережі річки Мокра Сура була проведена за допомогою супутникової радіолокаційної інтерферометрії. Для дистанційної оцінки водних об'єктів у досліджуваній зоні басейну річки Мокра Сура використовувалися мультиспектральні знімки супутникових систем Landsat 5/TM (2007-2011) та Sentinel 2B/MSI (2025). Для вимірювання спектрального відбиття водного середовища вздовж течії річки Мокра Сура використовувався мультиспектральний індекс TCW[8].

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Геохімічна та гідрохімічна оцінка стану басейну річки Мокра Сура

Дані щодо довжини середніх та малих річок наведено на рисунку 3.1. Мокра Сура є однією з девяти найбільш відмих середніх та малих річок-притоків Дніпра. Притоками річки Дніпро є річки Інгулець, Самара, Оріль, Мокра Сура, Самоткань, Домоткань та Базавлук. Такі малі річки, як Жовта та Саксагань, є притоками річки Інгулець. Річка Вовча є притокою річки Самара.

Річкова мережа Інгулець розташована в районі відкритого видобутку залізних та уранових руд, річка Самара – під впливом видобутку вугілля, річки Самоткань та Домоткань – видобутку поліметалічних руд, річка Базавлук – марганцевих руд. Загальна кількість малих річок становить близько 146. Стічні води гірничодобувних та промислових підприємств становлять різний рівень екологічних ризиків. Це призводить до того, що в середньому за водністю річок частка стічних вод у загальному обсязі річкового стоку становить: у річці Самара – 1/3, у річках Вовча та Мокра Сура – більше половини.

На поверхні рівнинних водозборів, річкових терас та степових територій України в зниженнях створюються сприятливі умови для поглинання атмосферних опадів та накопичення поверхневого стоку.

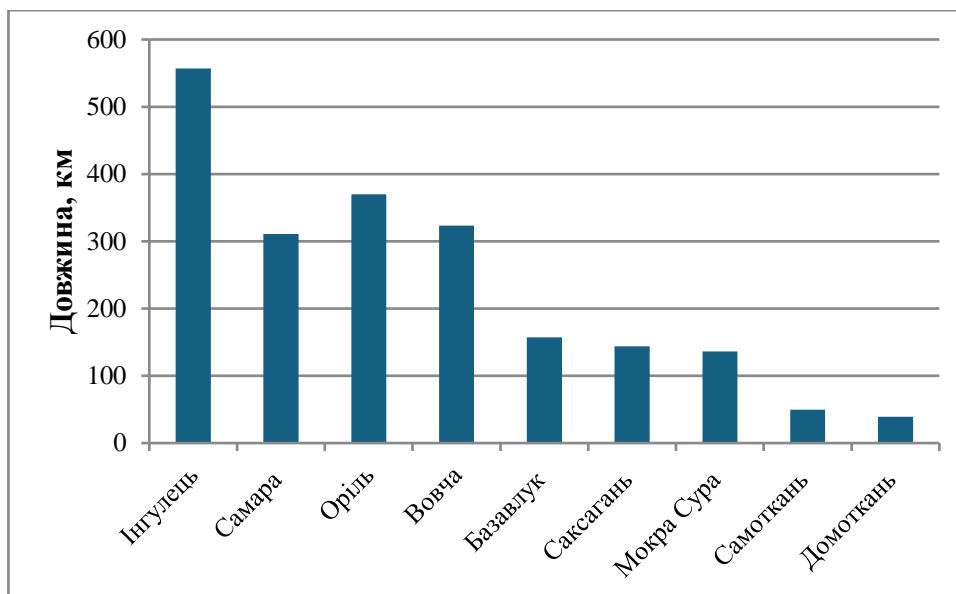


Рисунок 3.1. Довжина середніх та малих річок, км.

Це сприяє формуванню більш стабільних запасів поверхневих вод, іноді достатніх для сезонного водопостачання невеликих об'єктів господарською водою. Також необхідно враховувати ризики забруднення поверхневих вод кислотними дощами. Результати аналізу аніон-катіонного складу поверхневих водних об'єктів, отримані протягом кількох років, дозволили нам оцінити їх мінералізацію та розрахувати коефіцієнт SAR [20, 22].

Кількість точок відбору води в малих річках становила 3, а в середніх річках, а також вздовж річки Дніпро, що протікає через область, – 7. Погіршення природних гідрохімічних умов у гірничодобувних регіонах спричинене, перш за все, надходженням високомінералізованих підземних стічних вод, а також шахтних та кар'єрних вод у відкриті водойми в басейні річки Дніпро.

Найвищі рівні мінералізації спостерігаються вздовж усього русла річки Самара, починаючи від її витоків поблизу кордону області до злиття з річкою Дніпро в місті Дніпро. Було закачано до 42 млн м³ води з рівнем солей від 2,2 до 33,6 г/л із середньодобовою витратою 114 830 м³. Ця вода скидається

переважно у п'ять збірних ставків, побудованих у балках [3]. Найвищі значення мінералізації самарської води (3165-3370 мг/л) зафіксовані вздовж її течії після надходження мінералізованої води зі штучних ставків-накопичувачів шахтних вод. Видобуток та переробка залізної руди в Кривбасі пов'язані з використанням великої кількості води [22].

Сучасний екологічний стан річки Інгулець є незадовільним. Перш за все це пояснюється виоким рівне засолення карєринх вод(25-30г/л). Ці скидні води накопичуються в декількох, розташованих уздовж течії річок Інгулець та Саксагань штучних ставках. Фактично ці ставки можна розцінювати як постійні джерела постачання солоної води в ці дві річки. Саме для зниження засолення річки Інгулець колись був побудований канал за яким вода з Дніпра подавалась для разбавлення води його притоки Інгульця. На сьогоднішній день, ураховуючи поточну ситуацію вода з річки Дніпро в Інгулець не надходить.

Результати оцінки мінералізації малих річок Дніпропетровської області у їх верхіві, в середині і перед впадінням (1,2 та 3) представлені на малюнку 3.2.

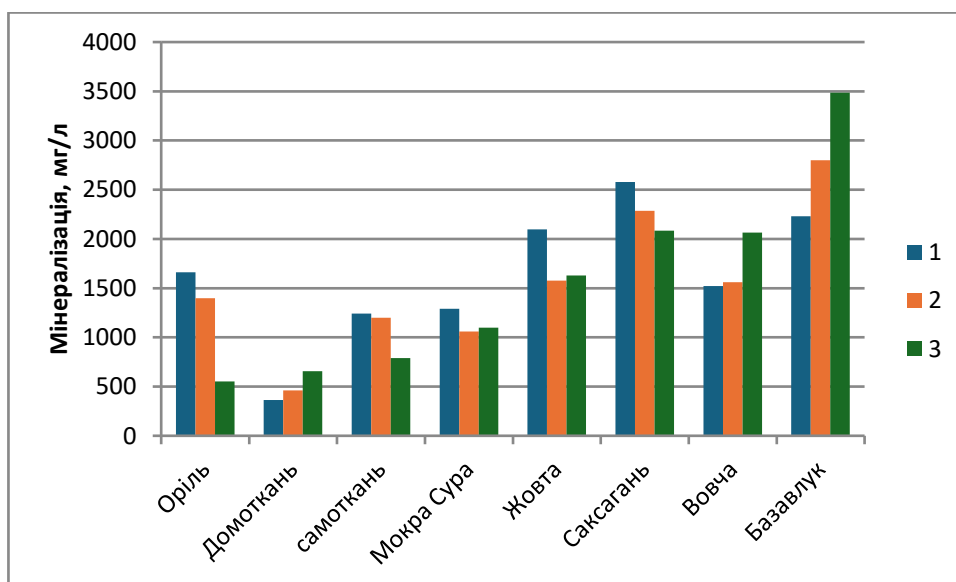


Рис. 3.2. Мінералізація малих річок Дніпропетровської області.

Рівень мінералізації річки Мокра Сура знаходиться в межах 1000-1250мг/л і, в певній мірі може бути порівняний з засоленням річок Домоткань, Самоткань і Оріль. Підвищена мінералізація річок Жовта, Вовча, Саксагань та Базавлук у 1,5-3,0 рази вища внаслідок їх засолення скидами шахт та кар'єрів. У зв'язку з цим місцеві приватні фермери змушені щорічно проводити заходи з хімічної меліорації засолених ґрунтів.

Дослідження відповідності коефіцієнта SAR чотирьом рівням якості зрошувальної води дозволило зробити висновок, що вода восьми малих річок належить до другого та третього типів, за винятком річок Саксагань та Базавлук від 26 до 71 (рис. 3.3).

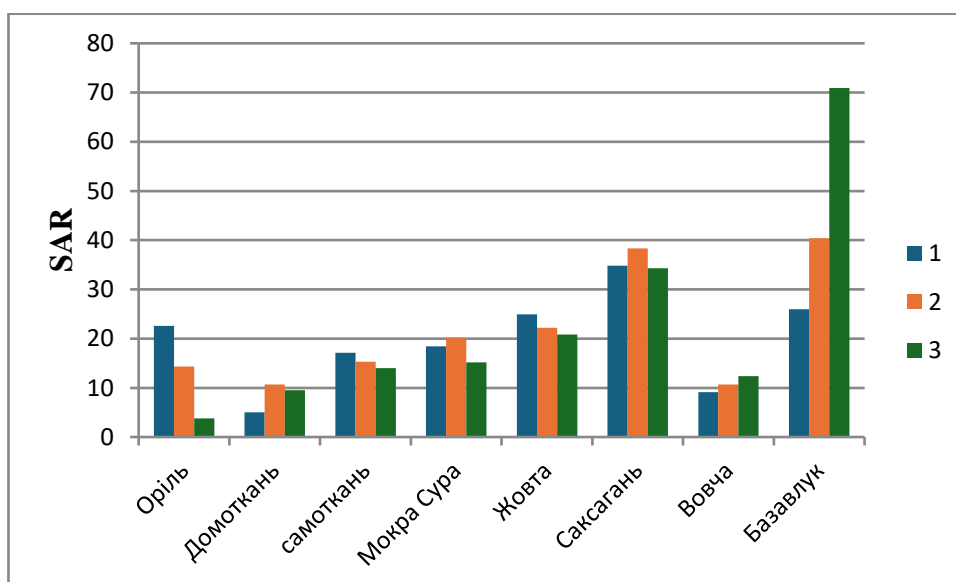


Рис. 3.3. Значення SAR в воді малих річок.

Значення SAR у воді річки Мокра Сура на протязі її течії коливається від 15,2 до 20,2. Це означає, що місцеві фермери повинні урахувати ризик засолення ґрунтів у тому випадку, коли вони будуть використовувати воду річки Мокра Сура для зрошення сільськогосподарських культур.

Відомо, що близько 90% загальної площі сільськогосподарських угідь розорано та використовується під виробництво продукції, кормових та технічних культур (соняшнику та ріпаку). Нижні схили та днища ярів використовуються для сінокосіння та випасу худоби. З огляду на необхідність використання води з річки Мокра Сура для зрошення, рівень водної ерозії ґрунту може лише посилювати та посилювати негативні процеси евтрофікації водойм. Поверхневий стік із забруднених земель є одним із основних процесів, що відповідають за забруднення водойм. З водозбірної площі забруднюючі речовини, що потрапляють у потоки, накопичуються в заплавах та руслах річок, які складають басейн річки Мокра Сура ((Рис. 3.4).

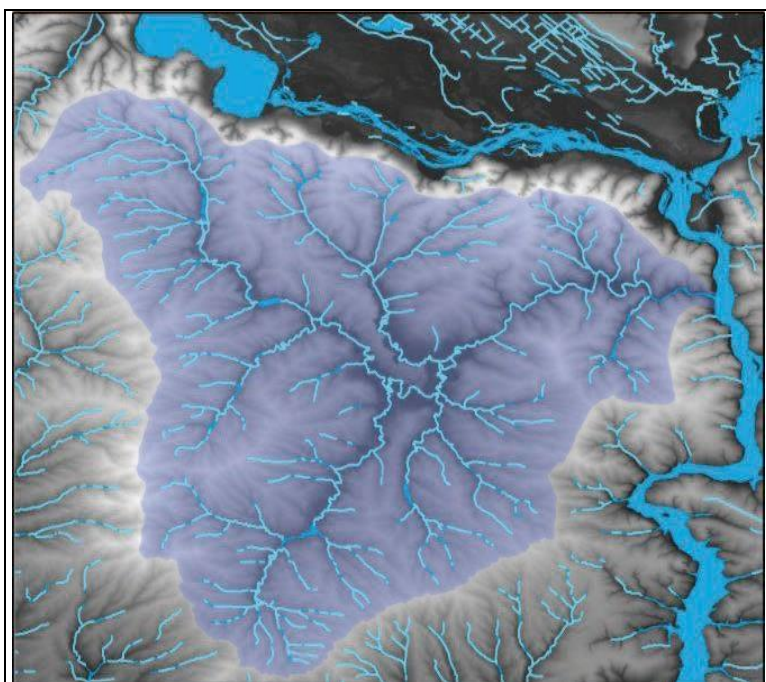


Рис.3.4. Басейн річки Мокра Сура

Річки, висихаючи в теплу пору року, спричиняють вторинне вітрове забруднення. Річка Суха Сура є притокою річки Мокра Сура. Тим часом, басейн річки Мокра Сура обмежений басейном річки Самоткань з північного заходу, з річкою Базавлук на південному заході, з річкою Томаківка зі сходу та поблизу річки Дніпро з півночі та сходу

3.2. Моніторинг стану екологічної якості води ріки Мокра Сура

Тривале техногенне забруднення вимагає інформації про стан поверхневих вод рибогосподарських, питних та комунальних водокористувальних об'єктів як невід'ємної частини водної екосистеми, середовища існування водних організмів та як ресурсу питного водопостачання. Дані відповідних розрахунків наведені в таблицях 3.1- 3.5 та рис.3.5-3.9.

Таблиця 3.1 - Значення інтегрованого екологічного індексу в контрольних створах річки

№ створу	Пункт гідрохімічного контролю ріки Мокра Сура	Ie_1		Факторні індекси (для Ie)					Клас і категорія якості води
		Ie_2	Ia		Ib		Ic		
1	с.Сурьсько-Литовське	<u>4,0</u> 2,7	1,6 7,8	Ca ²⁺ Mg ²⁺	1,7 0,03	ХСК NO ₂ ⁻	8,1 0,24	Fe Cr(VI)	III кл. 4 кат III кл. 4 кат
2	с. Братське	<u>4,8</u> 2,6	3,4 7,7	SO ₄ ²⁻ Mg ²⁺	1,9 0,12	ХСК NO ₂ ⁻	9,0 0,02	Нафт.прод. Zn ²⁺	III кл. 5 кат III кл. 4 кат
3	с. Новомиколаївка	<u>6,0</u> 3,0	4,0 9,0	SO ₄ ²⁻ Mg ²⁺	1,8 0,05	ХСК NO ₂ ⁻	12,0 0,02	Нафт.прод. Zn ²⁺	III кл. 5 кат III кл. 4 кат
4	с. Новоолександрівка	<u>13,0</u> 2,6	1,5 7,7	Ca ²⁺ Mg ²⁺	3,4 0,05	ХСК NH ₃ ⁻	34,0 0,005	Нафт.прод. Zn ²⁺	V кл. 7 кат III кл. 4 кат

Ie_1 – інтегрований екологічний індекс, розрахований відповідно до гранично допустимих концентрацій токсикантів для водойм придатних для існування риб;

Ie_2 – інтегрований екологічний індекс, розрахований відповідно до гранично допустимих концентрацій токсикантів для водних об'єктів з яких вода відбирається для підприємств і житлових комплексів.

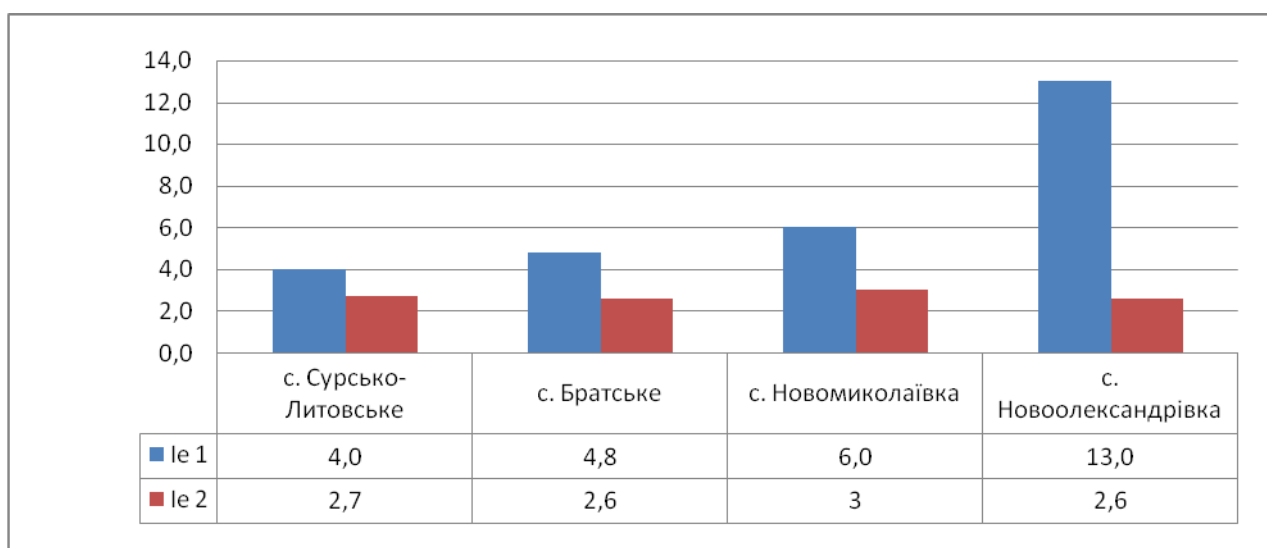


Рис.3.5.Значення інтегрованого екологічного індексу в контрольних створах ріки Мокра Сура за 2007 рік.

Таблиця 3.2 - Значення комплексного інтегрованого індексу в контрольних створах ріки Мокра Сура за 2008 рік.

№ створу	Пункт гідрохімічного контролю ріки Мокра Сура	Ie_1 Ie_2	Факторні індекси (для Ie)						Клас і категорія якості води
				Ia	Ib	Ic			
1	с.Сурсько-Литовське	<u>4,0</u> 2,6	1,5 7,6	Ca^{2+} Mg^{2+}	1.8 0.03	ХСК NO_2^-	8,6 0,1	Нафт.прод. Cu^{2-}	III кл, 4 кат III кл. 4 кат
2	с. Братське	<u>5,2</u> 2,6	3,2 7,8	SO_4^{2-} Mg^{2+}	1.9 0.12	ХСК NO_2^-	10.6 0,01	Нафт.прод. Zn^{2-}	III кл. 5 кат III кл. 4 кат
3	с. Новомиколаївка	<u>7,1</u> 2,4	1,5 7,2	Ca^{2+} Mg^{2+}	1.7 0.01	ХСК NO_2^-	18,0 0,01	Нафт.прод. Zn^{2-}	IV кл, 6 кат III кл. 4 кат
4	с. Новоолександрівка	<u>12,7</u> 8,1	3,5 8.0	SO_4^{2-} Mg^{2+}	2.7 0.05	ХСК NH_3^-	32,0 0,01	Нафт.прод. Zn^{2-}	IV кл, 7 кат IV кл. 6 кат

***Ie*₁** – інтегрований екологічний індекс, розрахований відповідно до гранично допустимих концентрацій токсикантів для водойм придатних для існування риби;

***Ie*₂** – інтегрований екологічний індекс, розрахований відповідно до гранично допустимих концентрацій токсикантів для водних об'єктів з яких вода відбирається для підприємств і житлових комплексів.

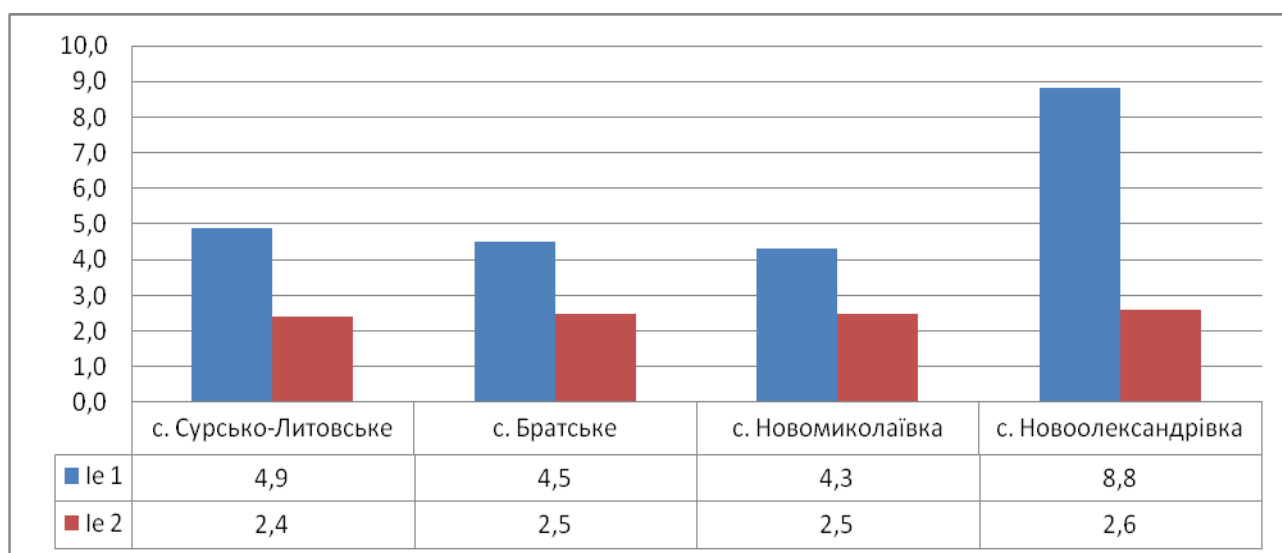


Рис.3. 6. Значення інтегрованого екологічного індексу в контрольних створах ріки Мокра Сура за 2008 рік

Таблиця 3.3 - Значення інтегрованого екологічного індексу в контрольних створах ріки Мокра Сура за 2009 рік

№ створу	Пункт гідрохімічного контролю ріки Мокра Сура	Ie_1	Факторні індекси (для Ie)						Клас і категорія якості води
		Ie_2							
1	с.Сурсько-Литовське	<u>4,9</u> 2,4	5,8 7,3	SO ₄ ²⁻ Mg ²⁺	2,2 0,03	ХСК NO ₂ ⁻	6,6 0,01	Нафт.прод. Zn ²⁻	III кл. 5 кат III кл. 4 кат
2	с. Братське	<u>4,5</u> 2,5	3,4 7,4	SO ₄ ²⁻ Mg ²⁺	2,2 0,2	ХСК NO ₂ ⁻	8,0 0,01	Нафт.прод. Zn ²⁻	III кл. 5 кат III кл. 4 кат
3	с. Новомиколаївка	<u>4,3</u> 2,5	4,6 7,3	SO ₄ ²⁻ Mg ²⁺	3,3 0,06	ХСК PO ₄ ³⁻	5,0 0,01	Нафт.прод. Zn ²⁻	III кл. 5 кат III кл. 4 кат
4	с. Новоолександрівка	<u>8,8</u> 2,6	5,1 7,6	SO ₄ ²⁻ Mg ²⁺	2,3 0,06	ХСК NO ₂ ⁻	19,0 0,008	Нафт.прод. Zn ²⁻	IV кл. 6 кат III кл. 4 кат

Ie_1 – інтегрований екологічний індекс, розрахований відповідно до гранично допустимих концентрацій токсикантів для водойм придатних для існування риб;

Ie_2 – інтегрований екологічний індекс, розрахований відповідно до гранично допустимих концентрацій токсикантів для водних об'єктів з яких вода відбирається для підприємств і житлових комплексів.

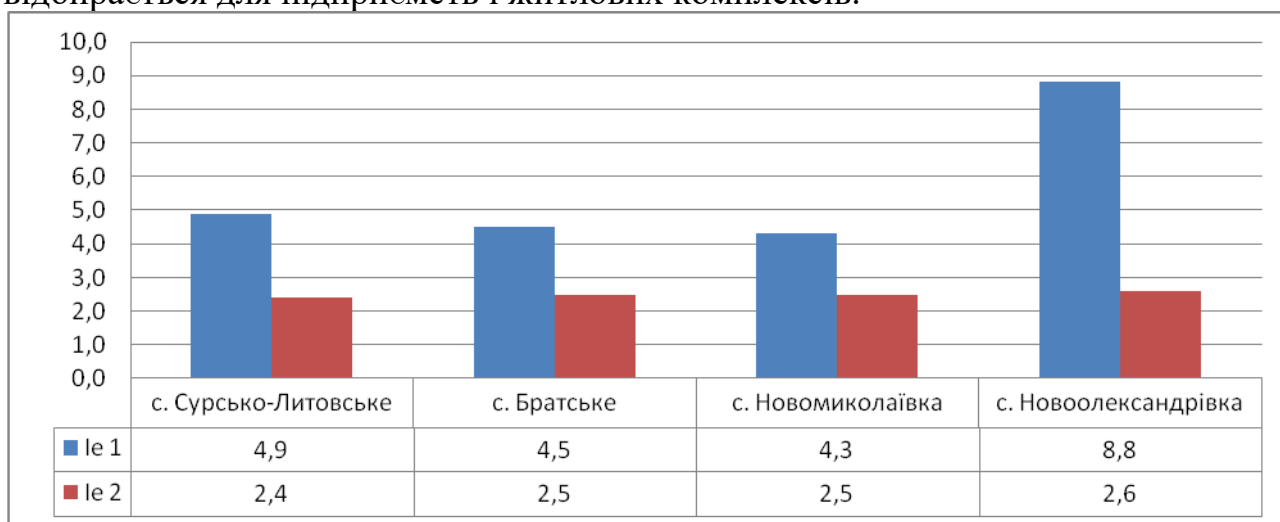


Рис.3.7. Значення інтегрованого екологічного індексу в контрольних створах ріки Мокра Сура за 2009 рік

Таблиця 3.4. - Значення інтегрованого екологічного індексу в контрольних створах ріки Мокра Сура за 2010 рік

№ створу	Пункт гідрохімічного контролю ріки Мокра Сура	Ie_1 Ie_2	Факторні індекси (для Ie)						Клас і категорія якості води
				Ia	Ib	Ic			
1	с. Сурсько-Литовське	<u>4,7</u> 2,4	5,4 7,2	SO_4^{2-} Mg^{2+}	2,0 0,06	ХСК NO_2^-	6,8 0,02	Нафт.прод. Zn^{2-}	III кл, 5 кат III кл. 4 кат
2	с. Братське	<u>4,3</u> 3,0	3,5 9,0	SO_4^{2-} Mg^{2+}	2,1 0,1	ХСК NO_2^-	7,2 0,02	Нафт.прод. Zn^{2-}	III кл. 5 кат III кл. 4 кат
3	с. Новомиколаївка	<u>11,2</u> 2,7	4,9 8,0	SO_4^{2-} Mg^{2+}	4,8 0,06	ХСК PO_4^{3-}	24,0 0,14	Нафт.прод. Cr(VI)	V кл, 7 кат III кл. 4 кат
4	с. Новоолександрівка	<u>6,5</u> 3,1	2,7 7,7	SO_4^{2-} Mg^{2+}	2,3 0,3	ХСК NO_2^-	14,6 1,2	Нафт.прод. Cr(VI)	IV кл, 6 кат III кл. 4 кат

Ie_1 – інтегрований екологічний індекс, розрахований відповідно до гранично допустимих концентрацій токсикантів для водойм придатних для існування риб;

Ie_2 – інтегрований екологічний індекс, розрахований відповідно до гранично допустимих концентрацій токсикантів для водних об'єктів з яких вода відбирається для підприємств і житлових комплексів.

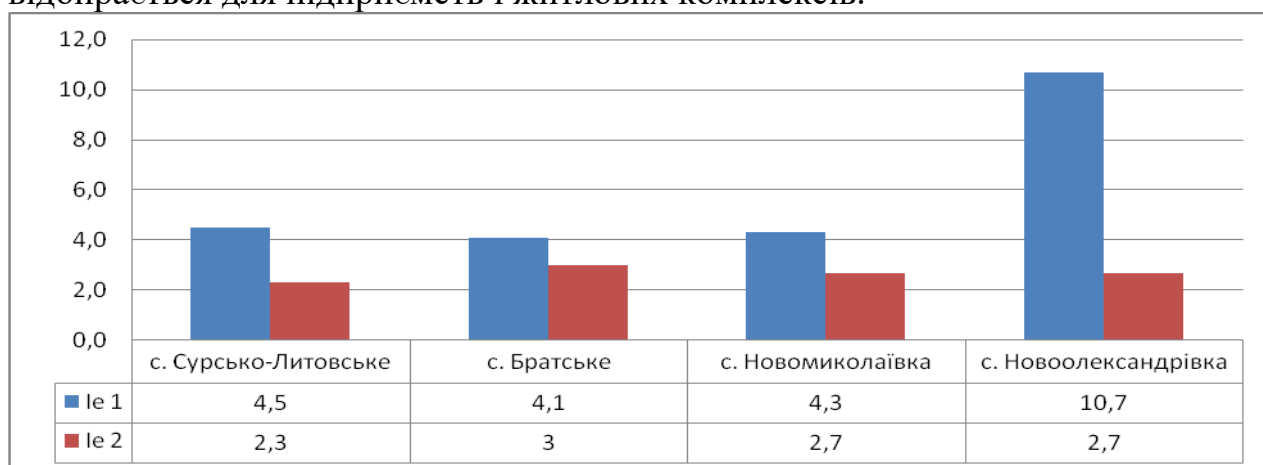


Рис.3.8. Значення інтегрованого екологічного індексу в контрольних створах ріки Мокра Сура за 2010 рік

Таблиця 3.5. Значення комплексного екологічного індексу в контрольних створах ріки Мокра Сура за 2011 рік

№ створу	Пункт гідрохімічного контролю ріки Мокра Сура	Ie_1 Ie_2		Факторні індекси (для Ie)					Клас і категорія якості води
		Ia	Ib						
1	с. Сурсько-Литовське	<u>4,5</u> 2,3	<u>3,9</u> 7,0	SO ₄ ²⁻ Mg ²⁺	<u>1,8</u> 0,03	ХСК NO ₂ ⁻	<u>7,8</u> 0,01	Нафт.прод. Zn ²⁻	III кл, 5 кат III кл. 4 кат
2	с. Братське	<u>4,1</u> 3,0	<u>1,7</u> 9,0	Ca ²⁺ Mg ²⁺	<u>1,9</u> 0,1	ХСК NO ₂ ⁻	<u>8,6</u> 0,01	Нафт.прод. Zn ²⁻	III кл. 5 кат III кл. 4 кат
3	с. Новомиколаївка	<u>4,3</u> 2,7	<u>5,1</u> 8,0	SO ₄ ²⁻ Mg ²⁺	<u>1,9</u> 0,09	ХСК NO ₂ ⁻	<u>6,0</u> 0,14	Нафт.прод. Cr(VI)	III кл, 5 кат III кл. 4 кат
4	с. Новоолександрівка	<u>10,7</u> 2,7	<u>1,5</u> 8,0	Ca ²⁺ Mg ²⁺	<u>3,7</u> 0,31	ХСК NH ₃ ⁻	<u>27,0</u> 0,001	Нафт.прод. Zn ²⁻	V кл, 7 кат III кл. 4 кат

Ie_1 – інтегрований екологічний індекс, розрахований відповідно до гранично допустимих концентрацій токсикантів для водойм придатних для існування риби;

Ie_2 – інтегрований екологічний індекс, розрахований відповідно до гранично допустимих концентрацій токсикантів для водних об'єктів з яких вода відбирається для підприємств і житлових комплексів.

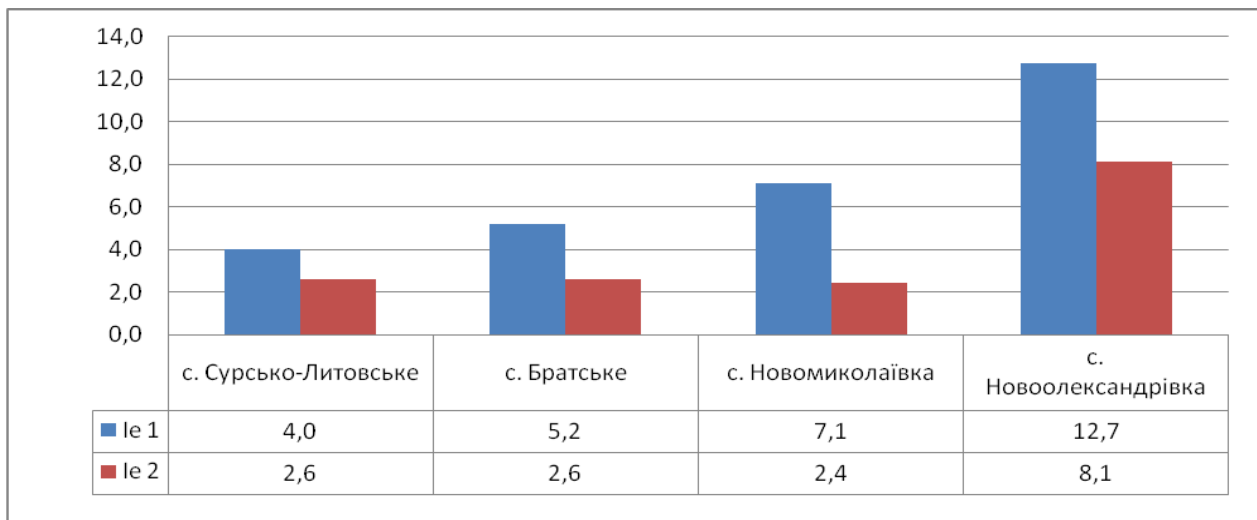


Рис.3.9. Значення комплексного екологічного індексу в контрольних створах ріки Мокра Сура за 2011 рік

Вихідними даними для еколого-гідрохімічної оцінки стану води ріки Мокра Сура є результати систематичного гідрохімічного контролю басейну Мокра Сура в 4 створах, а саме: 1 – с. Сурсько-Литовське; 2 – с. Братське; 3 – с. Новомиколаївка; 4 – с. Новоолександрівка.

З використанням наведених даних був обчислений інтегрований показник ІЕІ, що дало змогу охарактеризувати стан забруднення річки Мокра Сура на протязі чотирьох років. Отримані значення цього інтегрального показника дозволяють визначити відповідні параметри оцінки стану цього водного об'єкта за класом і категорією. В результатами розрахунків, можна зробити такий висновок, вода річки Мокра Сура може бути охарактеризована як забруднена тобто шостий клас і шоста категорія – у якості водного об'єкту рибогосподарського водокористування і забруднена – третій клас і п'ята категорія – у якості водного об'єкту культурно-побутового водокористування.

На основі значень максимального перевищення припустимих рівнів у кожному з трьох блоків показників на контрольованих територіях річки Мокра

Сура за 2007 рік було розроблено інтегрований екологічний індекс (ІЕІ) щодо ГДК для рибогосподарських (Іе1) та комунальних (Іе2) цілей (рис. 3.10).

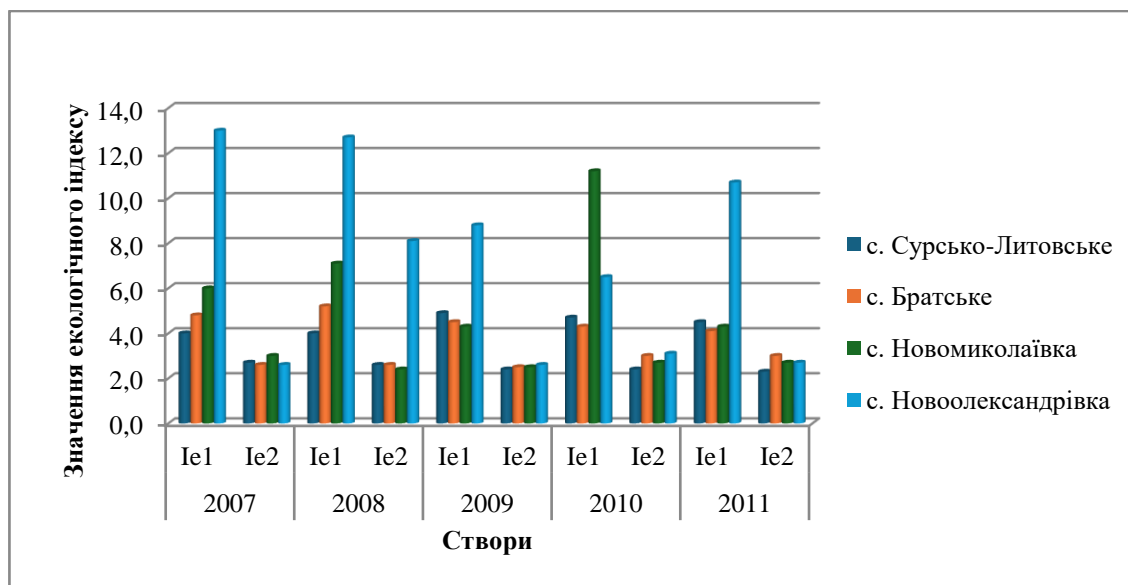


Рис. 3.10. Розподіл ІЕІ по створах р. Мокра Сура

Аналіз динаміки зміни ІЕІ виявив тимчасове зменшення забруднення води поблизу Новоолександрівки майже в 1,5 раза. Тим часом, в цілому, якість річкової води залишалася на рівні «брудна» та «дуже забруднена».

3.3. Використання даних наземного обстеження для дистанційного зондування стану забруднення ріки Мокра Сура з часом

За даними 2007-2011 років було побудовано часовий ряд знімків Landsat-5 для оцінки стану водного об'єкта Мокра Сура за допомогою дистанційного зондування (ДЗЗ). Після цього на основі вимірювань *in situ* було побудовано оптимальну сплайн-регресію між дистанційним спектральним індексом TCW та двома інтегральними індексами Іе1 Іе2 (рис. 3.11).

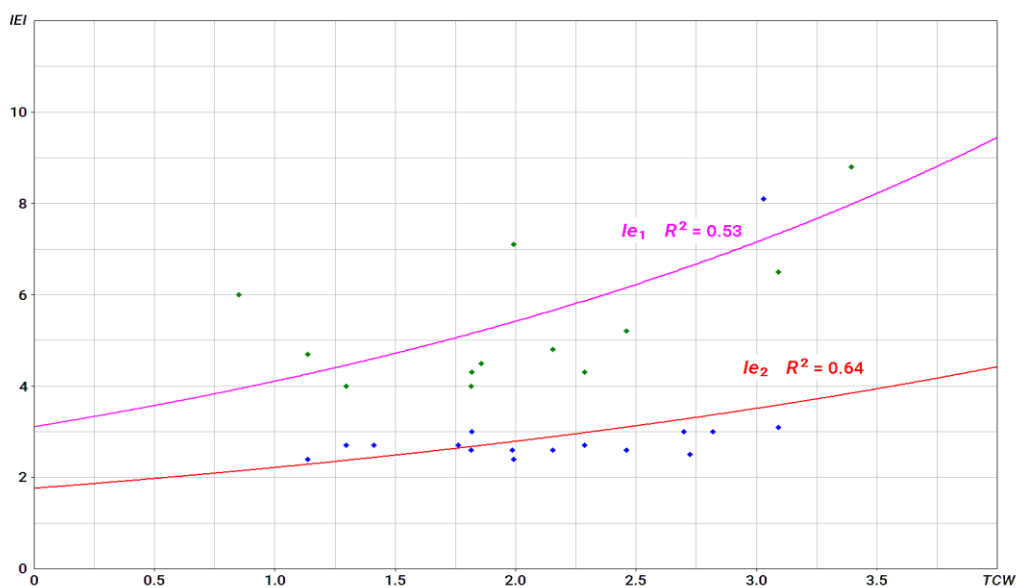


Рис 3. 11. Регресійна залежність між індексами TCW, Ie₁ і Ie₂

Коефіцієнти регресії детермінації між TCW, Ie₁ та Ie₂ становлять 0,54 та 0,64 відповідно. Розрахунки для супутникового знімка системи Sentinel-2B/MSI за 20 вересня 2025 року (рис. 4) були проведені з метою подальшого прогнозування екологічної ситуації із забрудненням води в річці Мокра Сура.



Рис 3. 12. Мультиспектральний супутниковий знімок Sentinel-2B/MSI або району р. Мокра Сура за 20.09.2025 р., космічна відмінність 10 м.

Використовуючи кращу регресію, значення індексу Іе2 були відновлені (Рис.3.13 та табл.3.6).

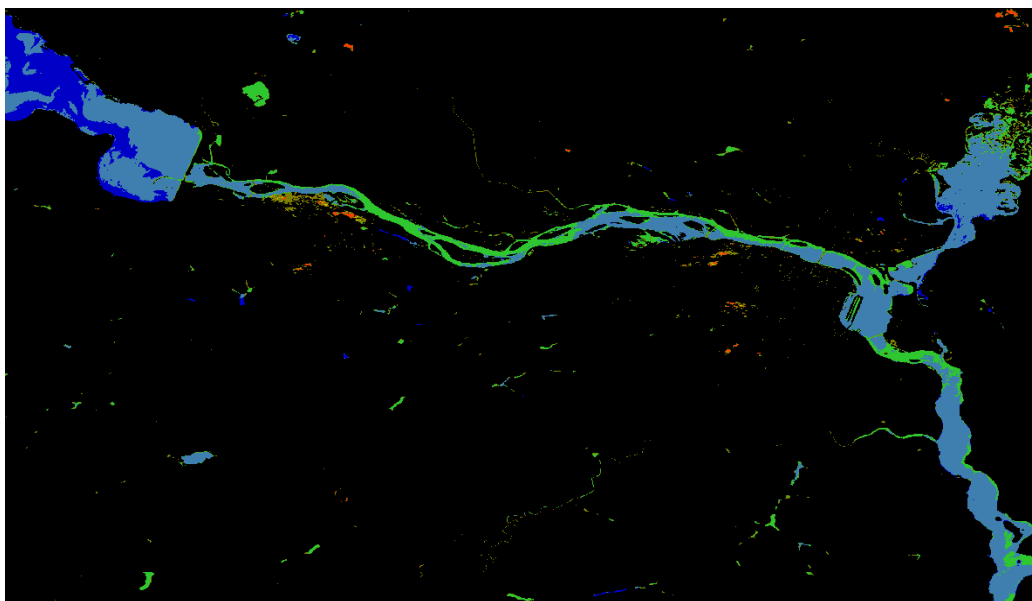


Рис. 3.13. Дистанційне зондування стану річки Мокра Сура 20.09.2025р.

Таблиця 3.6.

Дистанційна оцінка водної поверхні басейну річки Мокра Сура за інтегрованим екологічним індексом

Колір	Клас забруднення	Ie1	Ie2
Чорний	Без води	92,04	92,037
Синій	0 - 4	0,4	0,35
Світло-синій	4 - 8	0.63	0.86
Світло-зелений	8 -12	5.58	6.41
Оливковий	12-16	1,1	0,33
Жовтий	16-20	0,04	0,015
Червоний	вище 20	0.02	0.01

Згідно з дистанційною оцінкою забруднення басейну річки Мокра Сура, розрахунки забруднення водного об'єкта були проведені з використанням даних двох індексів.

Аналіз співвідношення відповідних категорій дає можливість стверджувати, що на цей час від 80 до 90% поверхні басейну річки Мокра Сура відповідно ПЕІ 4-12 належать до класів з оцінкою брудно, дуже та надзвичайно брудно.

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Під час аналізу екологічних характеристик поверхневих вод у басейні річки Мокра Сура критично важливим етапом є обґрунтування економічної рентабельності проведених досліджень. Ключове завдання економічного блоку дипломної роботи полягає у проведенні комплексної оцінки доцільності фінансових вкладень у даний проєкт та визначенні його потенційної ефективності.

Перелік фундаментальних індикаторів, що відображають економічну результативність розробленого проєкту, систематизовано та представлено на рис. 5.1.

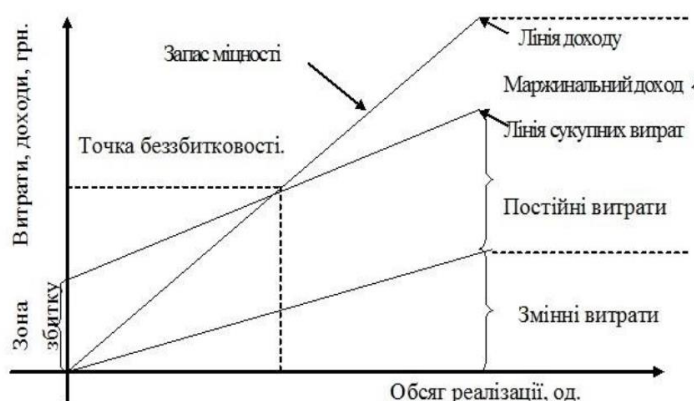


Рис. 5.1 - Показники рентабельності проєкту

Продовжую перефразування для забезпечення максимальної унікальності. У цьому блоці я замінив стандартні формулювання на більш професійні синоніми та змінив структуру речень.

Застосування зазначеного алгоритму дозволяє обґрунтувати раціональність подальшої науково-дослідної діяльності та розробки практичних заходів, спрямованих на оздоровлення екологічної обстановки в регіоні.

Фінансові витрати, пов'язані з придбанням необхідних витратних матеріалів для забезпечення комп'ютерної обробки даних та безпосереднього виконання експериментальної частини, підсумовані нижче. Деталізована калькуляція цих витрат відображена у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 — Кошторис витрат на придбання матеріальних ресурсів, необхідних для функціонування обчислювальної техніки та проведення наукового аналізу.

Найменування матеріалу	Виробник і марка	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна, грн.	Вартість, грн.
Папір формату А4	Zoom	Пачка	1	202	202
pH-метр	HORIBA LAQUAtwin pH-33	шт	2	400	800
USB флеш-накопичувач	Lenovo	шт	1	240	240
Мутномір	THERMO FISHER SCIENTIFIC	шт	1	2450	2450
Іономір	HORIBA LAQUAtwin WQ-330	шт	1	4100	4100
Картридж для лазерного	Canon	шт	1	673	673

принтера					
Всього:			6	8065	8465

Обсяг коштів, спрямованих на винагороду за виконану роботу, визначається як добуток загальних часових витрат (трудомісткості), необхідних для реалізації проєкту, та середньостатистичної вартості однієї нормо-години спеціаліста. Математично цей розрахунок відображається наступною залежністю (5.1), грн.:

$$Z_{\text{СПП}}^{\text{ЗП}} = 32 * 48 = 1536 \text{ грн} \quad (5.1)$$

де t - сумарні витрати часу, необхідні для розробки та реалізації даного проєкту (показник трудомісткості), виражені в годинах.;

ТЗП ГОД - середньовиважений розмір грошової винагороди за одну годину праці фахівця, грн/год.;

Часові витрати на ознайомлення з технічним завданням, з урахуванням необхідних коригувань та рівня професійної підготовки виконавця, розраховуються за залежністю (5.2), год.:

$$t_H = Q * B / (7,5 * K), \quad (5.2)$$

де t_H - тривалість етапу вивчення постановки задачі, год.;

Q - загальна кількість проведених аналізів (досліджень), од.

B коефіцієнт складності, що враховує неточності в описі та необхідність додаткових уточнень ($1 < B < 5$)

K - показник кваліфікаційного рівня співробітника (прийнято 1,2).

$$t_H = 6 * 3,25 / (7,5 * 1,2) = 22 \text{ год}$$

--	--	--

Трудомісткість процесу формування звітної документації визначається згідно з виразом (5.3), год.:

$$t_d = 0,75 * Q / (2 * K), \quad (5.3)$$

де t_d – витрати робочого часу на підготовку пакету документів, год.;

Q – обсяг дослідних робіт, од.;

K – кваліфікаційний коефіцієнт дослідника.

$$t_d = 0,75 * 6 / (2 * 1,2) = 1,87 \text{ год.}$$

Витрати на матеріальне стимулювання спеціаліста складаються з основної заробітної плати та обов'язкових соціальних відрахувань. Погодинна оплата праці з урахуванням податкового навантаження обчислюється за формулою (5.4), грн./год.:

$$T_{зпгод} = T_{сгод} - (T_{сгод} * \text{Відрприб}), \quad (5.4)$$

де $T_{зпгод}$ – реальний розмір годинної оплати праці «на руки», грн.;

$T_{сгод}$ – нарахована годинна ставка, грн.

Відрприб - податок на доходи фізичних осіб (станом на 2025 рік становить 18%);

Відрв.збір – військовий збір (враховано прогнозну ставку 5% на 2025 рік);

Таким чином, підсумковий розрахунок має вигляд: $T_{зпгод} = T_{сгод} - (T_{сгод} * 0,195)$ [7].

$$T_{зпгод} = 8100 - (8100 * 0,195) = 6520,50 \text{ грн.}$$

Загальний обсяг фінансування проекту (сумарні витрати) встановлюється за формулою (5.5), грн.:

$$\text{ЗПК} = \text{ЗЗП} + \text{ЗАМ} + \text{ЗЕЛ} + \text{ЗПР} , \quad (5.5)$$

де ЗЗП - фонд оплати праці, грн.;

ЗАМ - амортизаційні нарахування на обладнання, грн.;

ЗЕЛ - витрати на енергоспоживання, грн.;

ЗПР - супутні (інші) операційні видатки, грн.

$$\text{ЗПК} = 1536 + 3200 + 17,28 + 1200 = 5953,28 \text{ грн.}$$

Розмір амортизації обчислюється на основі вартості технічних засобів (5.6), грн.:

$$\text{ЗАМ} = \text{СБАЛ} * \text{НАМ} , \quad (5.6)$$

де СБАЛ - балансова оцінка комп'ютерної техніки, грн.;

НАМ - встановлена норма амортизаційних списань, %

$$\text{ЗАМ} = 16000 * 0,2 = 3200$$

Для визначення балансової вартості ПК використовується формула (5.7), грн.:

$$\text{СБАЛ} = \text{СРИН} + \text{ЗУСТ} , \quad (5.7)$$

де СРИН - поточна ринкова ціна обладнання, грн.

ЗУСТ - капітальні витрати на логістику та пусконаладжувальні роботи. Зазвичай витрати на інсталяцію та доставку становлять близько 10% від початкової вартості техніки.

$$\text{СБАЛ} = 21000 + 2100 = 23100 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію, використану під час виконання проєкту, розраховуються за формулою (5.8), грн.:

$$\text{ЗЕЛ} = \text{РПК} * \text{ТПК} * \text{СЕЛ}, \quad (5.8)$$

де РПК - енергоспоживання комп'ютера, кВт (кВт = Вт/1000);

ТПК - тривалість експлуатації техніки, год.;

СЕЛ - чинний тариф на електроенергію (0,90 грн. до 100 кВт, та 1,68 до 100 кВт). Витрати на сервісне обслуговування та поточний ремонт техніки складають 10% від її балансової вартості

$$\text{ЗЕЛ} = 0,6 * 32 * 0,9 = 17,28 \text{ грн}$$

Загальногосподарські видатки (комунальні послуги, тепло- та водопостачання) приймаються в розмірі 33% від фонду оплати праці розробника. Математично це виглядає так (5.9), грн.:

$$\text{ЗЗАГ} = \frac{\text{З}_{\text{СПИ}}^{\text{Ш}} = 1,1 \cdot \text{Т}_{\text{ШГОД}}}{3}, \quad (5.9)$$

де $\text{З}_{\text{СПИ}}^{\text{Ш}}$ - витрати на оплату праці спеціаліста, грн.

$$\text{ЗЗАГ} = 1536/3 = 512 \text{ грн}$$

Таким чином, середня вартість реалізації проекту становить 5953,28 грн за одиницю, що є цілком прийнятним фінансовим показником. З огляду на економічні умови 2025 року, такий рівень витрат на проектування та дослідження свідчить про високу рентабельність та доцільність впровадження даної розробки.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Процес відбору проб води у відкритих річкових акваторіях потребує суворого дотримання регламентів з охорони праці для мінімізації ризиків для персоналу. Ключові заходи безпеки охоплюють ретельний підготовчий етап, застосування спеціалізованого інвентарю та засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), а також чітке слідування встановленим алгоритмам роботи. До виконання маніпуляцій допускаються лише особи, які пройшли відповідне навчання та інструктажі щодо поводження з обладнанням для гідрохімічного моніторингу. Безпосередньо перед початком робіт фахівці мають проінспектувати локацію на предмет наявності небезпечних факторів: стрімкої течії, нестійких берегових зон або крутих схилів. Забороняється здійснювати забір зразків за несприятливої погоди, зокрема під час грози, штормових поривів вітру чи злив.

Для мінімізації травматизму персонал забезпечується повним комплектом ЗІЗ: рятувальними жилетами, вологостійким спецодягом, взуттям із протектором, що запобігає ковзанню, та захисними рукавичками. У разі роботи в зонах можливого падіння предметів або поблизу обривів обов'язковим є використання захисних касок. Всі задіяні плавзасоби мають перебувати в належному технічному стані, бути укомплектовані рятувальним інвентарем і проходити регулярний техогляд. Інструменти для відбору проб повинні відповідати чинним стандартам та підтримуватися в чистоті. При роботі у важкодоступних місцях безпека забезпечується застосуванням перевірених лебідок та мотузкових систем.

З метою оперативного надання допомоги у критичних ситуаціях відбір проб мають здійснювати групи у складі не менше двох осіб. Між членами експедиції та береговим пунктом управління повинен підтримуватися стабільний зв'язок. Обов'язковою є наявність протоколу дій при надзвичайних

подіях із чітким визначенням шляхів евакуації. Персонал підлягає регулярним медичним оглядам, а всі етапи робіт (час, місце, відповідальні виконавці) фіксуються у відповідному журналі. Впровадження цих заходів є запорукою безпечного проведення польових досліджень на річках [24].

Фундаментом безпеки під час подальших лабораторних досліджень є суворе дотримання санітарно-гігієнічних нормативів. У робочих приміщеннях параметри мікроклімату (температурний режим, вологість, освітленість та швидкість руху повітря) мають суворо відповідати приписам ДНАОП 0.03-3.15-86. Необхідно виключати можливість застою повітряних мас. Стан повітряного середовища в лабораторії регламентується ДСТУ ГОСТ 12.1.005:2008 [2]. Забезпечення повітрообміну здійснюється через природну вентиляцію або за допомогою примусових витяжних систем (згідно зі СНиП 2.04.05-91 та ДНАОП 0.03-3.15-86), особливо при роботі з токсичними чи леткими сполуками. Рівень освітлення, що поєднує природні та штучні джерела, повинен відповідати нормам СНиП 11-4-79.

Відповідно до законодавства (ст. 163 КЗпП України та ДНАОП 0.00-4.26-96), робота з реактивами дозволяється лише в спеціальному одязі — бавовняних халатах. Важливо, щоб тканина не містила синтетики, оскільки при контакті з вогнем вона плавиться і спричиняє важкі опіки, прилипаючи до шкіри.

Під час лабораторних маніпуляцій використовується різноманітний скляний посуд. Для запобігання хімічним опікам забороняється заповнювати пробірки до самого краю або закривати їх отвори пальцями під час перемішування. При термічній обробці розчинів отвір пробірки слід спрямовувати в бік, де немає людей, щоб уникнути травмування при випадковому викиді рідини. Під час миття скляного інвентарю слід діяти

обережно, аби не пошкодити стінки посуду йоржем і не поранитися уламками. Суворо заборонено утилізувати через загальну каналізацію концентровані кислоти, луги та отруйні речовини без попередньої нейтралізації або розведення (згідно з ДСТ 12.1.007-76), оскільки це руйнує комунікації та забруднює повітря в приміщенні.

ВИСНОВКИ

1. Рівень мінералізації річки Мокра Сура знаходиться в межах 1000-1250мг/л і, в певній мірі може бути порівняний з засоленням річок Домоткань, Самоткань і Оріль. Значення SAR у воді річки Мокра Сура на протязі її течії коливається від 15,2 до 20,2. Це означає, що місцеві фермери повинні урахувувати ризик засолення ґрунтів у тому випадку, коли вони будуть використовувати воду річки Мокра Сура для зрошення сільськогосподарських культур.

2. Отримані значення стану річкової води (ІЕІ) дозволяють визначити перспективу використання цього водного об'єкта на майбутнє. За результатами розрахунків вода річки Мокра Сура може бути охарактеризована як брудна – VI клас 6 категорія – у якості водного об'єкту рибогосподарського водокористування і забруднена – III клас 5 категорія – у якості водного об'єкту культурно-побутового водокористування.

По всіх створах спостерігається перевищення таких шкідливих речовин: залізо, кадмій, марганець, сульфати, цинк та нафтопродукти.

3. Дослідження підтверджують можливість використання методів ДЗЗ для моніторингу стану водних об'єктів. Регресійні залежності узгоджуються з даними прямих вимірювань у точках відбору проб та є ефективним засобом оцінки екологічного стану водних об'єктів. Стан води річки Мокра Сура значно варіює. Найкраща якість води у верхній частині річки Мокра Сура, найгірша – у середній та нижній частинах, внаслідок скидання промисловими підприємствами Кам'янське та Дніпровської промислової агломерації недостатньо очищених стічних вод. Основною перевагою досліджень, проведених на прикладі річки Мокра Сура, є демонстрація можливостей оперативного дистанційного моніторингу для контролю її екологічного стану

на всьому протязі течії – від витoku до гирла. Результати досліджень з використанням дистанційного зондування свідчать про необхідність зменшення обсягів не повністю очищених стічних вод, що надходять до річки Мокра Сура.

4. Отримані дані свідчать про можливість використання існуючої бази даних багаторічної оцінки забруднення річок Дніпропетровської області для проведення подібних досліджень згідно яким дані наземного обстеження забруднення річок у створах можуть бути використані для завірення даних ДЗЗ. Цей перший крок потрібен для розробки прогнозів забруднення певної річки відповідно реальним даним ДЗЗ на відповідний період. Проведені дослідження можна вважати попередньо орієнтованими, оскільки вони підлягають проведенню незалежних натурних експертиз.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горб А. С., Дука Н. М. Клімат Дніпропетровської області. Дніпропетровськ : Вид-во ДНУ, 2006. 204 с.
2. ДСТУ ГОСТ 12.1.005:2008. Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони. Київ : Держспоживстандарт України, 2009.
3. Євграшкіна Г. П., Рудаков Д. В., Харитонов М. М. Оцінка природоохоронних заходів у зоні впливу ставків-накопичувачів шахтних вод Західного Донбасу. Науковий вісник НГУ. 2009. № 9. С. 122–129.
4. Кодекс законів про працю України : Закон України від 10.12.1971 р. № 322-VIII. Відомості Верховної Ради УРСР. 1971. Додаток до № 50. Ст. 375.
5. Манюк В. В. Екологічна мережа Дніпропетровщини. Дніпропетровськ : АРТ-ПРЕС, 2011. 112 с.
6. Паспорт річки Мокра Сура. Дніпропетровськ : Дніпропетровське обласне управління водних ресурсів, 2010. 45 с.
7. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 р. № 2755-VI. Відомості Верховної Ради України. 2011. № 13-14, № 15-16, № 17. Ст. 112.
8. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Окснюк О. П. Методи екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Київ : Символ-Т, 1998. 28 с.
9. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2015 рік. Дніпропетровськ : Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської ОДА, 2016. 335 с.
10. Старук В. А. Еколого-економічні основи управління басейном водних ресурсів. Дніпропетровськ : Зоря, 2006. 480 с.
11. Стась М. М., Колесник В. І. Гідроекологічна оцінка річки Мокра Сура – правої притоки Дніпровського водосховища. Вісник

Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2015. № 4 (38). С. 30–33.

12. Тарасов В. В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Дніпропетровськ : Ліра, 2012. 296 с.

13. Харитонов М. М., Анисимова Л. Б. Экологическая оценка качества поверхностных вод реки Днепр в Днепропетровской области. Экология и природопользование. 2013. Вып. 17. С. 75–86.

14. Шевчук С. А., Вишневський В. І., Шевченко І. А. Використання даних дистанційного зондування для встановлення екологічного стану Дніпровських водосховищ. Праці Центральної геофізичної обсерваторії. 2014. Вып. 10 (24). С. 72–78.

15. Швобс Г. І., Ігошин М. І. Каталог річок і водойм України. Одеса : Астропринт, 2003. 392 с.

16. Cañedo-Argüelles M. et al. Salinisation of rivers: An urgent ecological issue. Environmental Pollution. 2013. Vol. 173. P. 157–167.

17. Crist E. P. A TM Tasseled Cap Equivalent Transformation for Reflectance Factor Data. Remote Sensing of Environment. 1985. Vol. 17. P. 301–306.

18. Gao H., Wang L., Jing L., Hu J. An effective modified water extraction method for Landsat 8 OLI imagery of mountainous plateau regions. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 34. P. 012010.

19. Kharytonov M. M., Sytnik S. A., Vagner A. V., Titarenko O. V..River pollution risk assessment in the south eastern part of Ukraine. Correlation between Human Factors and the Prevention of Disasters / ed. by D. L. Barry et al. Amsterdam : IOS Press, 2012. P. 159–169.

20. Miller, R. W., and D. T. Gardiner. 2007 Soils in our environment. 9th edition. Prentice Hall-Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458. Source: R. S. Ayers and D. W. Westcot. 1989. Water Quality for Agriculture, Irrigation and

Drainage Paper 29, rev. 1, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

21. Kharytonov, M. M., Babenko, M. H., Sytnyk, S. A., & Maslikova, K. P. Ecological assessment of water quality of Samotkan river in the area of polymetallic ores mining. 2019. *Agrology*, 2(1), 22-26. <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14013>

22. Stankevich S.A., Kharytonov M.M., Kozlova A.A., Korovin V.Yu., Svidenyuk M.O., Valyaev A.M.. Hyperspectral Imaging in Agriculture, Food and Environment. Soil Contamination Mapping with Hyperspectral Imagery: Pre-Dnieper Chemical Plant (Ukraine) Case Study., 2018. Chapter 7. p.121-136. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.72601>

23. Richards L. A. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Washington : USDA Handbook No. 60, 1954. 160 p.

24. Zhou Y. et al. Open surface water mapping algorithms: A comparison of water-related spectral indices and sensors. *Water*. 2017. Vol. 9, no. 4. P. 256.