

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ ФРАГМЕНТУ ДОЛИНИ Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ ДЛЯ ПОТРЕБ РЕГІОНАЛЬНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Виконала: студентка 4 курсу, групи ДЕ-41
спеціальності : 101 «Екологія»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

ПІ автора _____/_____ Поліна ЛОБАЧ
(підпис) (ім'я, прізвище)

Керівник _____/_____ доц. Анастасія КЛЄЩ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____/_____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Зав. кафедри _____/проф. Надія МАКСИМЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____/_____ Аліна ГРЕЧКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____/_____ Світлана БУРЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ / проф. Надія МАКСИМЕНКО
підпис ім'я та прізвище

“30” травня 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Поліна ЛОБАЧ

(Ім'я та прізвище)

Тема роботи: Моделювання поверхневого стоку фрагменту долини
р. Сіверський Донець для потреб регіонального екологічного моніторингу
керівник роботи Анастасія Клещ, кандидат географічних наук

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» квітня 2023 року № 4301-5/646

2. Строк подання студентом роботи. 27 квітня 2023 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити :

1. зробити критичний огляд наукових джерел щодо особливостей та проблемних питань здійснення екологічного моніторингу в Україні на регіональному рівні;

2. визначити роль та місце моніторингу процесів поверхневого стоку у системі регіонального екологічного моніторингу;

3. виконати добір інструментів та методів для проектування базової геоінформаційної моделі розподілу поверхневого стоку для досліджуваної території;

4. здійснити моделювання та скласти відповідні картографічні твори розподілу поверхневого стоку для досліджуваної території;

5. виконати аналіз отриманої моделі на предмет виявлення каркасних та центральних місць ландшафту досліджуваної території для організації контрольних пунктів спостереження за станом довкілля.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Збір та обробка наукових джерел інформації щодо означеної тематики дослідження.
2	Написання та коректура першого розділу кваліфікаційної роботи.
3	Підбір та тестування на придатність засобів виконання геоінформаційного моделювання поверхневого стоку. Підготовка методичного розділу роботи.
4	Пошук та завантаження вихідних геоданих для проведення моделювання.
5	Виконання моделювання розподілу поверхневого стоку та компонування картографічних творів.
6	Аналіз отриманих результатів на предмет виявлення каркасних та центральних місць ландшафту щодо регулювання поверхневого стоку.
7	Підготовка висновків дослідження.
8	Укладання бібліографічних посилань.
9	Оформлення тексту роботи та проходження норм контролю.

5. Дата видачі завдання 30.05.2022 р.

Студент

підпис

Поліна ЛОБАЧ

ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

доц. Анастасія КЛІЩ

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ ФРАГМЕНТУ ДОЛИНИ
Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ ДЛЯ ПОТРЕБ РЕГІОНАЛЬНОГО
ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

Поліна ЛОБАЧ

Кваліфікаційна робота містить 30 сторінок, 3 розділи, 1 таблицю, 13 рисунків і 22 використаних джерела.

Мета роботи: розробка моделі поверхневого стоку фрагменту долини р. Сіверський Донець для потреб оптимізації регіонального екологічного моніторингу.

Актуальність теми. Дослідження присвячене вирішенню значущої проблеми обґрунтування напрямків оптимізації пунктів спостереження регіонального екологічного моніторингу поверхневих вод.

Завдання: розкрити зміст проблем та окреслити місце моніторингу процесів поверхневого стоку у регіональному моніторингу довкілля в Україні; обґрунтувати вибір методів ГІС-моделювання поверхневого стоку; розробити модель розподілу поверхневого стоку для фрагменту долини р. Сіверський Донець та запропонувати заходи з оптимізації системи екологічного моніторингу в межах цієї території.

Методи: критичний аналіз наукових джерел інформації, ГІС-моделювання гідрологічних процесів, картографічний метод дослідження.

Результати: Розроблено геоінформаційну модель розподілу поверхневого стоку для досліджуваної фрагменту долини р. Сіверський Донець (3 тематичні картографічні твори,) яка дозволяє встановити інтенсивність поверхневого стоку, напрямок переважаючих потоків, та оцінювати ієрархію суб-басейнів поверхневого стоку. Запропоновано розширити мережу пунктів спостереження для території дослідження додатковими 13 пунктами моніторингу вод, збір даних з яких дозволяє визначати внесок поверхневого стоку.

МОДЕЛЮВАННЯ, ГІС, ЦИФРОВА МОДЕЛЬ МІСЦЕВОСТІ, ПОВЕРХНЕВИЙ СТІК, БАСЕЙНОВА СТРУКТУРА ЛАНДШАФТУ, РЕГІОНАЛЬНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ.

SUMMARY

**MODELING OF SURFACE RUNOFF IN A FRAGMENT OF THE
SIVERSKY DONETS RIVER VALLEY FOR REGIONAL
ENVIRONMENTAL MONITORING**

Polina LOBACH

Qualification work "Modeling the surface runoff of a fragment of the Siverskyi Donets River valley for the needs of regional environmental monitoring" contains 39 pages, 4 sections, 1 table, 17 figures and 30 used sources.

Purpose:. development of a model of surface runoff in a fragment of the Siverskyi Donets River valley for the purposes of optimizing regional environmental monitoring.

Actuality of theme. The study is devoted to solving a significant problem of substantiating the directions of optimization of observation points for regional environmental monitoring of surface waters.

The objectives. to disclose the content of the problems and outline the place of surface runoff monitoring in regional environmental monitoring in Ukraine; to justify the choice of GIS modeling methods for surface runoff; to develop a model of surface runoff distribution for a fragment of the Siverskyi Donets River valley and to propose measures to optimize the environmental monitoring system within this area.

Methods. critical analysis of scientific sources of information, GIS-modeling of hydrological processes, cartographic research method.

Results. A geographic information model of surface runoff distribution for the studied fragment of the Siverskyi Donets River valley (3 thematic mapping works) was developed, which allows to establish the intensity of surface runoff, the direction of the prevailing flows, and to assess the hierarchy of surface runoff sub-basins. It is proposed to expand the network of observation points for the study area by additional 13 water monitoring points, the data collection from which allows to determine the contribution of surface runoff.

MODELING, GIS, DIGITAL TERRAIN MODEL, SURFACE RUNOFF, LANDSCAPE BASIN STRUCTURE, REGIONAL ENVIRONMENTAL MONITORING.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
1.1 Місце спостереженням за поверхневим стоком у системі державного екологічного моніторингу.....	9
1.2 Особливості та проблеми регіонального екологічного моніторингу поверхневих вод в Україні.....	12
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	14
2.1 Характеристика вихідних даних для проведення моделювання.....	14
2.2 Методичні аспекти використання групи інструментів «Гідрологія» ArcGIS Desktop для моделювання поверхневого стоку.....	16
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ	18
3.1 Загальна характеристика природних та соціо-функціональних умов території дослідження.....	18
3.2 Результати моделювання поверхневого стоку досліджуваного фрагменту долини р. Сіверський Донець.....	19
3.3 Аналіз цифрової моделі поверхневого стоку задля організації контрольних пунктів спостереження за станом довкілля.....	24
ВИСНОВКИ.....	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	29

ВСТУП

Актуальність дослідження. Як відомо, моніторинг довкілля є обов'язковою та невід'ємною складовою державної екологічної безпеки, яка керується законодавством. На сьогоднішній день можна стверджувати, що не зважаючи на те, що в Україні нормативні акти та закони, спрямовані на організацію державної системи моніторингу активно вдосконалюються та оновлюються відповідно до євроінтеграційного напрямку розвитку держави, проте сучасний стан функціонування та організації системи екологічного моніторингу потребує поліпшення та удосконалення.

Особливо гостро проблеми державної системи моніторингу за екологічним станом поверхневих вод проявляються на регіональному рівні, ускладнюючи, а подекуди і роблячи повністю неможливим досягнення цілей державної екологічної політики. Через недостатню кількість пунктів спостереження, їх розташування, що не відповідає басейновій організації ландшафту місцевості, застаріле обладнання результати моніторингу часто дають не валідні результати спостережень, що не відображають об'єктивного стану водних ресурсів.

Ця робота присвячена вирішенню проблеми обґрунтування напрямків оптимізації пунктів спостереження за станом вод у системі регіонального екологічного моніторингу із застосуванням можливостей використання геоінформаційного моделювання за даними цифрових моделей місцевості.

Об'єкт дослідження – ландшафтні умови досліджуваної території фрагменту долини р. Сіверський Донець.

Предмет дослідження – характеристики поверхневого стоку території дослідження.

Мета дослідження – розробка моделі поверхневого стоку фрагменту долини р. Сіверський Донець для потреб оптимізації регіонального екологічного моніторингу.

Відповідно до поставленої мети означено такі завдання:

1. Розкрити зміст ключових проблем та особливостей здійснення регіонального екологічного моніторингу в Україні;
2. Окреслити роль та місце моніторингу процесів поверхневого стоку у системі державного моніторингу за станом довкілля на регіональному рівні;
3. Обґрунтувати вибір інструментів та методів для розробки базової геоінформаційної моделі розподілу поверхневого стоку для досліджуваної території;
4. Розробити модель розподілу поверхневого стоку для досліджуваної фрагменту долини р. Сіверський Донець та скласти відповідні тематичні картографічні твори;
5. Запропонувати заходи з оптимізації системи екологічного моніторингу на основі одержаних результатів дослідження.

Методи дослідження – критичний аналіз наукових джерел інформації, дистанційні методи збору інформації про довкілля (на основі ДЗЗ), ГІС-моделювання гідрологічних процесів, картографічний метод дослідження.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Місце спостереження за поверхневим стоком у системі державного екологічного моніторингу

Положення про державну систему моніторингу довкілля [1] є базовим нормативним документом у галузі реалізації державної політики екологічного моніторингу в Україні. В цьому документі державна система моніторингу довкілля визначається як компонент національної інфраструктури даних, що являє собою цілісну систему спостережень, збору, обробки, передачі, аналізу інформації про стан навколишнього середовища та здійснюється для прогнозу змін його станів, розробки рекомендацій із попередження надзвичайних ситуацій, забезпечення екологічної безпеки. Загальне уявлення про структуру державної системи моніторингу довкілля можна отримати з рис. 1.1.

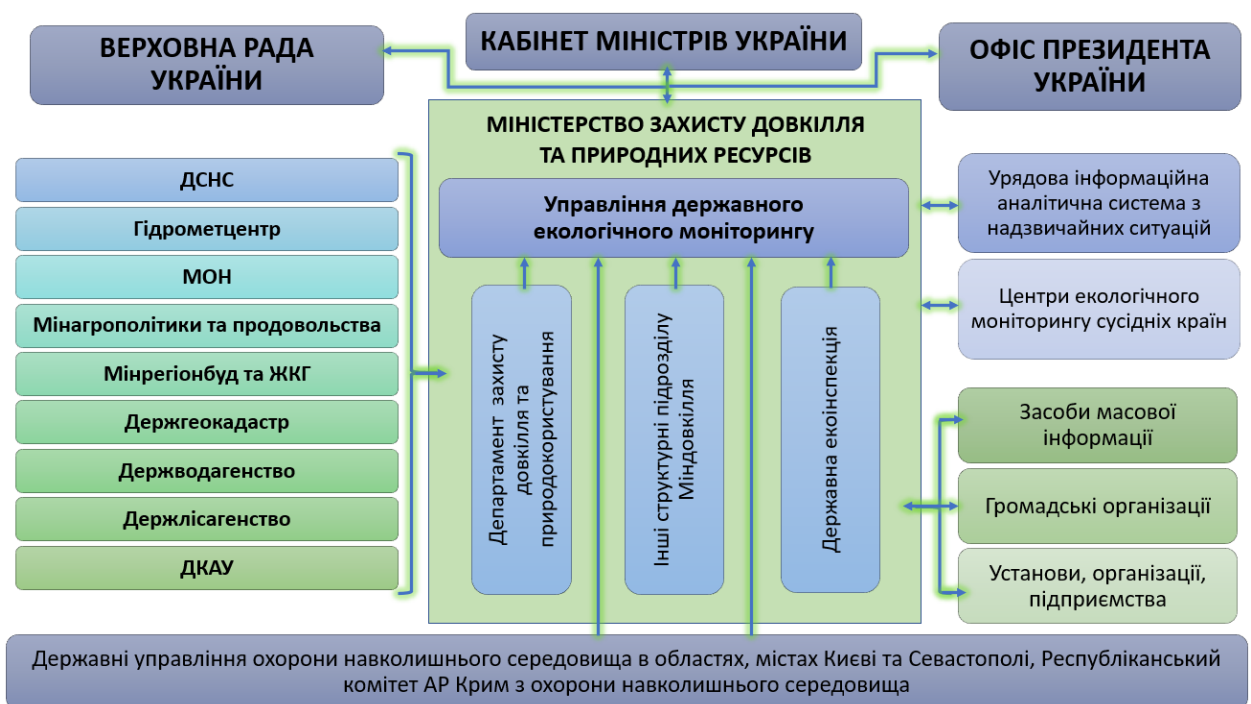


Рис. 1.1 – Загальна схема державної системи моніторингу довкілля (за [2] з оновленням даних)

У галузі моніторингу екологічного стану поверхневих, підземних вод суходолу та територіальних вод морських акваторій вимоги до організації державної системи збору даних та забезпечення інформацією про їх екологічний стан всіх зацікавлених сторін встановлюються Порядком здійснення державного моніторингу вод, що затверджений Кабінетом Міністрів України. Згідно до вказаного Порядку [3] моніторингу вод суходолу здійснюється за басейновим принципом та може бути реалізований в залежності від завдань у три різні способи: діагностичний, операційний та дослідницький (рис. 1.2).



Рис. 1.2 – Способи реалізації державного екологічного моніторингу та завдання, передбачені ними (укладено за [3])

Показниками, що контролюють в межах державного моніторингу вод є біологічні, хімічні, фізико-хімічні та гідроморфологічні параметри, оцінка значень яких слугує визначенню екологічного стану поверхневих вод (для гідрологічних об'єктів близьких до натурального стану), екологічного

потенціалу (для штучно створених або суттєво змінених об'єктів) та хімічного стану за окремими групами забруднюючих речовин [4].

Згідно до [3] проведення моніторингу вод передбачає визначення масивів вод (поверхневих та підземних), виявлення основних антропогенних чинників, що спричиняють зміни стану вод (кількісні та якісні) як від точкових, так і від дифузних джерел.

Одним із найбільш важливих етапів організації робіт з моніторингу поверхневих вод є вибір місць розташування пунктів спостереження [5]. Так, для проведення моніторингу якості поверхневих вод може бути передбачено організацію наступних видів мереж пунктів спостереження [6]:

- стаціонарного типу: пункти спостереження здійснюють постійні спостереження за складом і забрудненням поверхневих вод;
- спеціалізованого типу: пункти мережі слугують для спостереження за забрудненими водними об'єктами;
- тимчасово-експедиційного типу: мережа пунктів спостережень функціонує для вирішення спеціалізованих задач.

Дифузні джерела надходження забруднюючих та біогенних речовин (сполуки азоту, фосфору, заліза і кремнію) до водного об'єкта визначаються як такі, що є розосередженими та потрапляють до нього у спосіб вимивання з усієї його водозбірної площі [7].

Тож, зважаючи на наведене вище, можемо вважати поверхневий стік важливим чинником формування екологічного стану (чи потенціалу) та хімічного стану гідрологічного об'єкту. Вважаємо, що організована мережа пунктів моніторингу вод із врахуванням впливу поверхневого стоку на формування стану вод є обов'язковою вимогою, що забезпечує дотримання комплексного інтегрованого управління водними ресурсами в межах водозбірних басейнів.

Не зважаючи на те, що поверхневий стік, особливо з територій сільськогосподарських полів, є одним з найбільш впливових чинників забруднення водних об'єктів токсичними дозами добрив та засобів із захисту

рослин, зокрема гербіцидів, в Україні тільки но розпочато розробку методологічних підходів до його оцінки [8].

Окреслюючи стан державної системи екомоніторингу в Україні А. Г. Шапар та інші. [2] пропонує вирізняти додатково до загальнонаціонального рівня моніторингу ще два ієрархічні рівні:

- регіональний моніторинг довкілля, що реалізується на територіях окремих адміністративних, економічних, природних районів та дозволяє врахувати їх особливості;
- локальний екологічний моніторинг, що здійснюється певним суб'єктом, що чинить негативний вплив на довкілля, задля вирішення специфічних задач певної організації чи відомства.

Таким чином, здається очевидним, що відповідно до окреслених масштабів простору, можливість об'єктивного врахування процесів поверхневого стоку як способу транспортування речовин та сполук з території водозбірного басейну до водотоку або водойми, найбільш раціонально може бути організовано як складова регіонального рівня моніторингу довкілля.

1.2 Особливості та проблеми регіонального екологічного моніторингу поверхневих вод в Україні

Реалізація регіонального екологічного моніторингу згідно до сформованих економічних механізмів реалізації є проявом державної екологічної політики на регіональному рівні, що набула значного розвитку у зв'язку із активним процесом децентралізації та може здійснюватися шляхом впровадження цільових екологічних програм. Хоча, за часи незалежності в Україні сформувалося значне підґрунтя та механізми реалізації регіональної екологічної політики, проте відмічають їх слабку ефективність [9].

Одним із важливих напрямків розвитку державної екологічної політики на регіональному рівні є удосконалення державної системи моніторингу довкілля на регіональному та місцевому рівнях, що слугуватиме надійною

інформаційною базою для прийняття управлінських рішень органами влади на відповідних рівнях (рис. 1.3) [10].



Рис. 1.3 – Місце регіонального рівня моніторингу у ієрархічній структурі реалізації екологічного моніторингу довкілля [10]

У сучасній системі моніторингу вод виділяють цілу низку проблем, до яких відносять наступні: недостатнє фінансування регіональних програм моніторингу довкілля [11] зменшення кількості пунктів спостережень і спрощення їх програм, відсутність автоматизованих спостережень, технічну відсталість та нестачу лабораторного устаткування для аналізу, значну закритість для зацікавленої громадськості результатів [12].

Серед сучасних напрямів удосконалення існуючої системи моніторингу виділяють: розробка технологій поповнення пропусків даних гідрологічного моніторингу на основі статистичних методів аналізу масивів даних [13], впровадження геоінформаційного моделювання [14, 15] та даних дистанційного зондування Землі [16], розвиток адаптивних систем екологічного моніторингу [17, 18] тощо.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика вихідних даних для проведення моделювання

Одним із найефективніших способів вивчення місцевості і моніторингу стану довкілля є цифрове моделювання. Для моніторингу використовуються створені в геоінформаційних системах цифрові моделі рельєфу та місцевості.

Цифрова модель місцевості (далі - ЦММ) – це цифрове зображення форми земної поверхні за даними дистанційного зондування землі із усіма об'єктами топології місцевості, що здебільшого відповідає змісту топологічних карт, їх масштабу і системі координат.

У якості вихідних даних цього дослідження задля моделювання поверхневого стоку було використано растрові супутникові знімки, що містять ЦММ відзняті в рамках проєкту SRTM.

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) або ж радіолокаційна топографічна місія шатлу – це міжнародний дослідницький проєкт створення цифрової моделі місцевості Землі на основі даних, зроблених за допомогою радіолокаційного обладнання на шатлі «Ендевор».

Супутникові знімки SRTM є найбільш часто використовуваними ЦММ завдяки своїй точності і значній частці покриття поверхні Землі, а ще й тому що вони є продуктами із відкритою ліцензією для поширення та користування. Для більшої зручності SRTM моделі є розділеними на прямокутні фрагменти розміром 1 градус широти на 1 градус довготи координаційної сітки.

Супутникові дані доступні для перегляду та завантаження на офіційному геопорталі урядової організації Геологічної служби США (USGS) (рис. 2.1) після створення користувачем та авторизації персонального облікового запису.

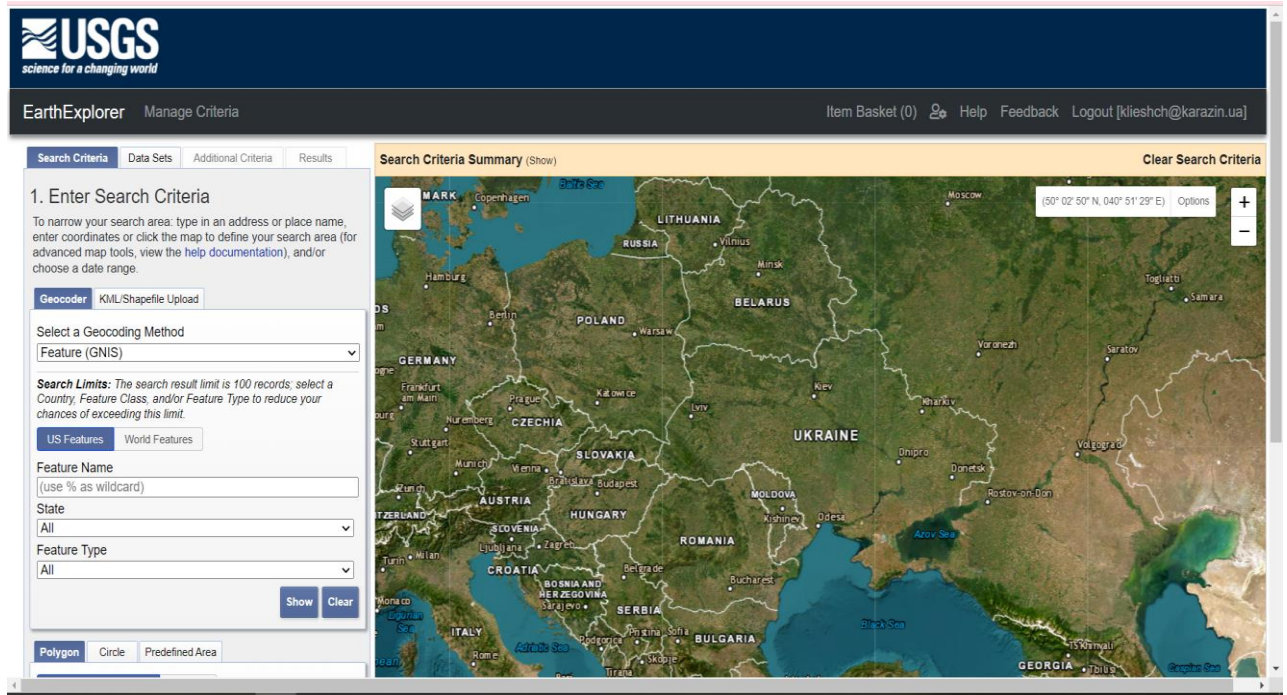


Рис. 2.1 – Інтерфейс сервісу пошуку та завантаження космічних знімків геопорталу Геологічної служби США (USGS)

Існують такі різновиди вихідних даних SRTM:

- SRTM1 – охоплює виключно територію США, але є найточнішою ЦММ із роздільною здатністю 1 кутова секунда.
- SRTM3 - має роздільну здатність зображення 3 кутових секунди і охоплює найбільшу частину території Землі, використовується для більшості наукових досліджень.
- SRTM30 - має роздільну здатність 30 кутових секунд і підходить для створення і роботи із загальними зображеннями рельєфу.

Використаний у якості вихідних даних супутниковий знімок цифрової моделі місцевості (ЦММ) датований 23 вересня 2021 року та повністю покриває територію дослідного полігону (рис.2.2).

ЦММ має розширення 30 на 30 метрів для кожної комірки растрового зображення, що дозволяє проводити процедури моделювання процесів переміщення поверхневого стоку на локальному рівні організації територіальної структури ландшафту.



Рис. 2.2 – Результати пошуку доступних знімків цифрових моделей місцевості для території дослідження

2.2 Методичні аспекти використання групи інструментів "Гідрологія" ArcGIS Desktop для моделювання поверхневого стоку

У якості базового програмного геоінформаційного забезпечення в рамках цього дослідження використовувалось декілька програмних модулів системи ArcGIS, що дозволяє створювати картографічні твори, виконувати операції аналізу та моделювання над цифровими моделями рельєфу та місцевості за допомогою спеціалізованих груп інструментів для вирішення завдань геодезії, управління довкіллям, кадастру, надрокористування тощо.

Більшість операцій із геоінформаційного моделювання здійснювались у середовищі програми ArcGIS Desktop (модуль ArcMap) за допомогою використання групи спеціалізованих інструментів Гідрологія (Hydrology). Назви використаних інструментів моделювання їх зміст та механізм реалізації подано у структурованому вигляді у табл. 2.1

**Опис використаних у дослідженні інструментів аналізу та моделювання
на основі ЦММ**

№	Назва інструменту	Зміст та механізм реалізації
1.	Заповнення (Fill)	Заповнює локальні пониження на поверхні растра ЦММ або ЦМР для усунення незначних областей із дефектами даних.
2.	Ухил поверхні (Slope)	Розраховує нахилу поверхні землі (градієнт або крутизну) для кожного осередку поверхні растра на основі даних висот.
3.	Сумарний стік (Flow Accumulation)	Інструмент дозволяє визначити сумарну кількість води, яка стікає через кожен піксель або клітинку растрового шару. Створює растр потоку накопичення в кожному комірці. Є можливість додатково застосувати фактор ваги.
4.	Напрямок стоку (Flow Direction)	Інструмент геообробки даних, що створює растр напрямку стоку з кожної комірки в сусідні вниз по схилу за допомогою одного з перелічених методів: D8, Множинний напрямок потоку (MFD), D-безкінечність (DINF).
5.	Ідентифікація водотоків (Stream Link)	Інструмент, що призначає унікальні значення кожному сегменту растра лінійної мережі від перетину до перетину (між двома сусідніми місцями злиття).
6.	Порядок водотоків (Stream Order)	Інструмент кодування порядкових номерів водотоків, що присвоює сегментам растру водотоку число, яке визначає порядок, що позначає кожен окремий сегмент його лінійної мережі. Є можливість визначення порядку водотоків за методом Філосонова та Хортон-Страхлера.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1 Загальна характеристика природних та соціо-функціональних умов території дослідження

Досліджувана територія є фрагментом долини р. Сіверський Донець, що розташована в межах Харківської області поблизу міста Чугуїв.

Рельєф цього дослідного полігону представлено лесовими височинами. З правого берегу річки поширеними є субгоризонтальні увалисті рівнини, що сформовані на крейдових, палеогенових та неогенових геологічних відкладах, з лівого берега – більш розповсюдженими є флювіальні форми рельєфу, такі як тераси. Русло р. Сіверський Донець облямоване доволі широкою заплавою із алювіальними відкладами. Між місцями впадіння рукавів Сіверського Дінця в основне русло річки подекуди зафіксовано наявність гравітаційних форм рельєфу, таких як зсуви. Долина річки є асиметричною: правий берег дуже розчленований балками і ярами, лівий – більш пологий та терасований.

Гідрографічна мережа даної території представлена чисельними притоками р. Сіверський Донець. Так, в межах території наявні фрагменти правих приток р. Мжа, р Уди, р Роганка, р. Тетліга, р. Велика Бабка.

Живлення р. Сіверський Донець та її притоків переважно снігове, тому водопілля часто відбувається навесні, максимальний рівень підняття рівня води – понад 5 м [19]. Час початку весняного водопілля – це перша декада березня, завершення водопілля відбувається, як правило, в кінці квітня.

Ґрунтовий покрив території дослідження має характерну природну диференційованість відповідно до ландшафтних умов. В межах заплавних комплексів річки поширені лучні солонцюваті ґрунти, на рівнинній частині ділянки переважають ґрунти, що характерні піднесених рівнин, сформованих на лесових материнських породах зони Лісостепу : чорноземи реградовані,

типові середньогумусні ґрунти, лучно-чорноземні ґрунти, темно-сірі опідзолені.

Притаманна природна рослинність цієї території (лучні степи і остепнені луки, різнотравно-типчаково-ковилові степи) здебільшого замінена агрофітоценозами. Виключення становить тільки лучно-заплавна рослинність вздовж прируслової частини заплави річки, де також можна зустріти й невеликі ділянки із дубово-кленовими лісами дрібно плямистої конфігурації.

Ландшафтні комплекси території дослідження мають неоднорідний ступень антропогенної трансформованості. Якщо ділянки заплавних та яружно-балкових ландшафтів залишилися у своєму природному або в близькому до первинного стані, то ландшафтні комплекси піднесених рівнинна долини переважно перебувають під сільськогосподарськими угіддями [20]. Значна частка аграрного природокористування в межах території дослідження здатна неабияк впливати на формування стану водних ресурсів через надходження забруднюючих речовин до акваторії із поверхневим стоком.

3.2 Результати моделювання поверхневого стоку досліджуваного фрагменту долини р. Сіверський Донець

Для моделювання поверхневого стоку досліджуваного фрагменту долини р. Сіверський Донець було виконано візуальний аналіз цифрової моделі місцевості (рис. 3.1).

Зокрема це дозволило встановити, що діапазон гіпсометричних відміток рельєфу в межах території дослідження коливається від 95 до 209 метрів, загальне падіння висот складає 114 метрів.

Загальне візуальне обстеження цифрової моделі місцевості дозволило скласти уявлення про основні територіальні характеристики рельєфу території та визначити потенційні каркасні лінії концентрації горизонтальних потоків

поверхневого стоку, що відповідають пониженням заплав річок та днищ вологих та сухих балок та яруг.

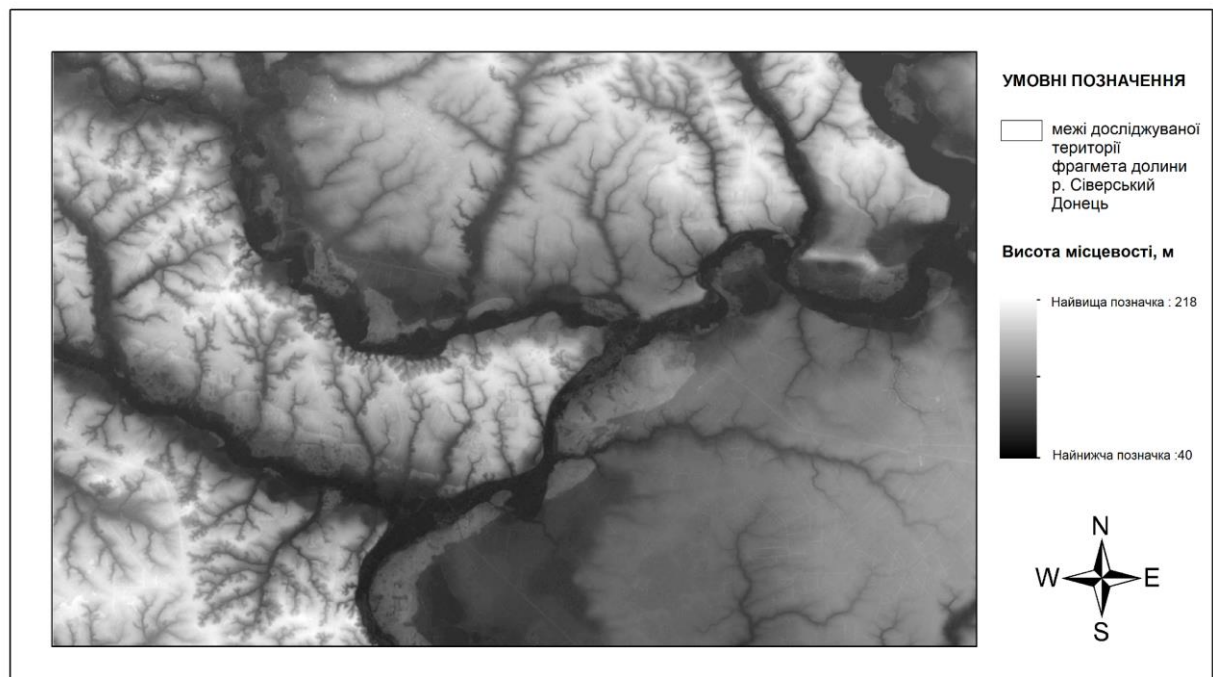


Рис. 3.1 – Цифрова модель місцевості досліджуваної території фрагмента р. Сіверський Донець

Наступним кроком дослідження стало визначення ухилу поверхні місцевості в межах території дослідження задля того, щоб визначити ділянки рельєфу в межах яких поверхневий стік буде мати більшу або меншу інтенсивність.

Як бачимо на картографічному творі, представленому на рис. 3.2, переважна частина території має ухил поверхні, що коливається від 0 до 1 градусу. Ці значення відповідають рельєфу пласкої рівнини або дуже сильно пологого схилу, поверхневий стік на таких ділянках буде отримувати найменше прискорення та найбільшу вірогідність інфільтрації у ґрунтові горизонти (за умови сприятливого гранулометричного складу поверхневих шарів ґрунту: піщаного, супіщаного та легкого суглинистого). Ділянки, що мають такі показники поширені як в межах знижених рівнин заплав та борової

тераси р. Сіверський Донець, так і на піднесених вододільних рівнинах, що повсюдно використовуються під сільськогосподарською ріллею.

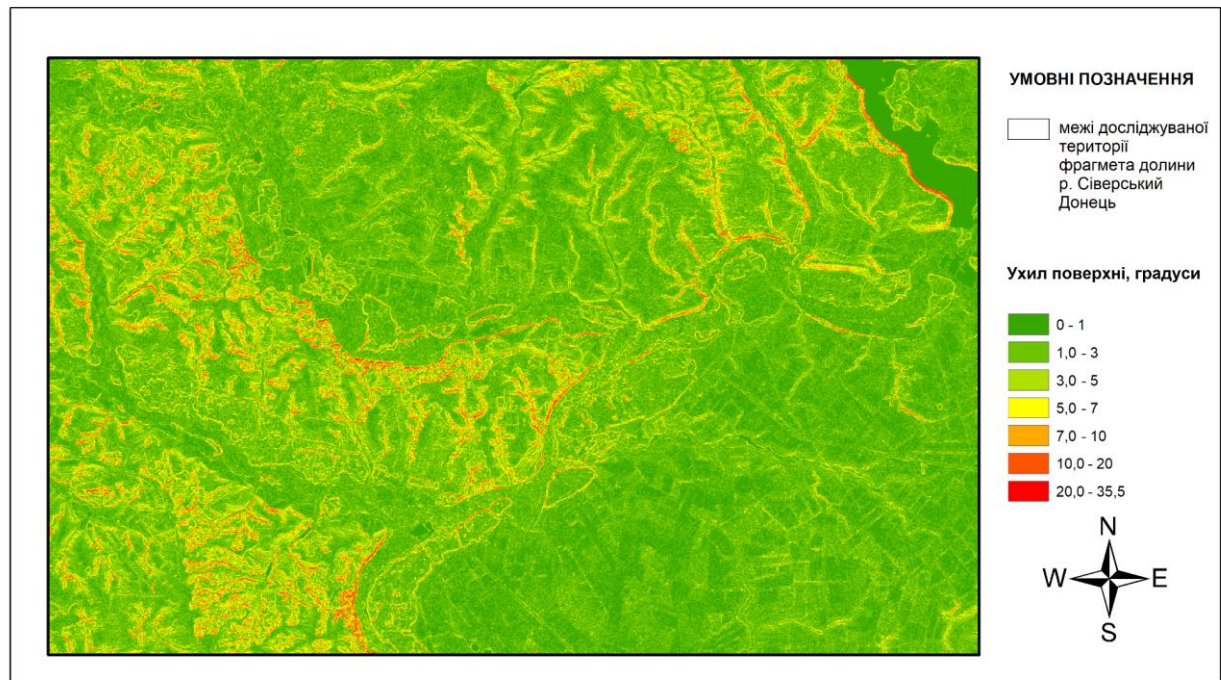


Рис. 3.2 – Ухил поверхні місцевості досліджуваної території

Суб-домінантне поширення мають пологі схили, значення ухилу яких коливається від 1 до 5 градусів. Водночас, долинний рельєф території, є доволі густо розчленований ярами та порізаний чисельними балками із покатыми стрімкими схилами, що має багато поверхонь із покатыми та сильно похилими схилами, що прискорюють рух поверхневого стоку. Рідко, проте зустрічаються фрагменти прирічкових корінних правобережних схилів р. Сіверський Донець, для яких характерні схили крутизною від 10 до 30 градусів і які виступають «аренами прискорення» поверхневого стоку.

Задля передбачення поведінки поверхневого стоку була виконана модель напрямків поверхневого стоку території дослідження, яка дозволяє визначати найбільш вірогідний горизонтальний напрямок руху вод, які потрапили на поверхню місцевості. Відповідний картографічний твір представлено на рис. 3.3.

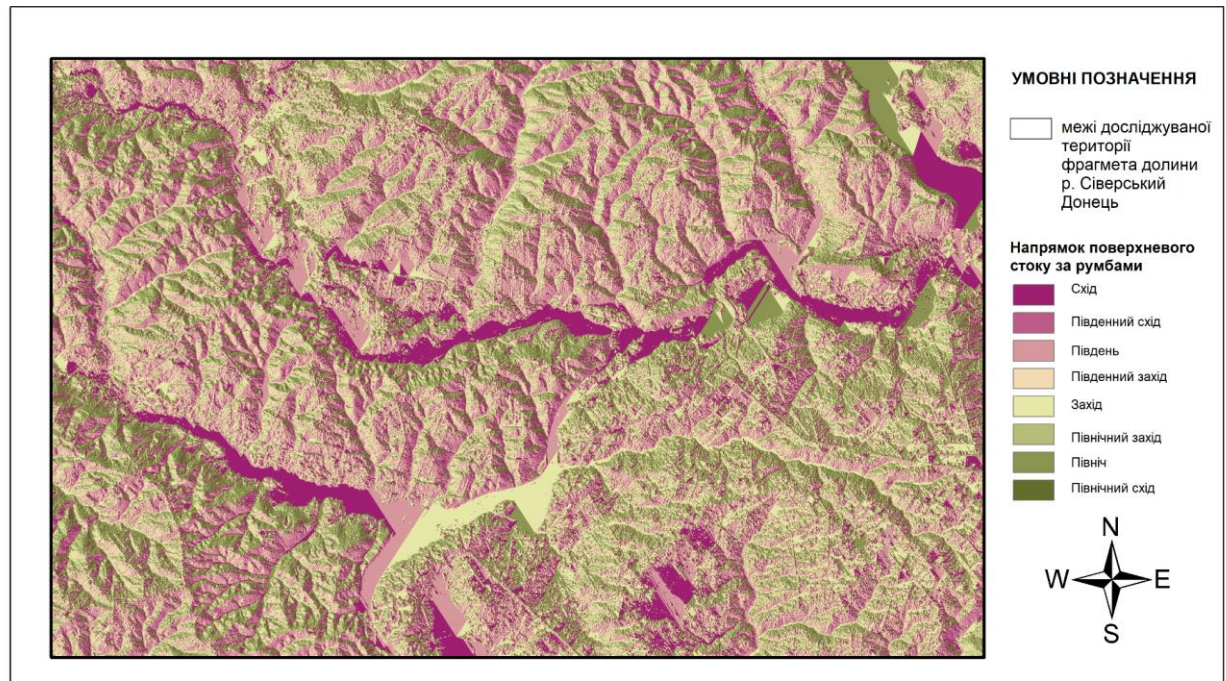


Рис. 3.3 – Напрямок переважаючого поверхневого стоку з місцевості досліджуваної території

Після встановлення базових характеристик поверхневого стоку території дослідження, було виконано алгоритм моделювання латеральних потоків поверхневого стоку (рис. 3.4). Ця процедура передбачала виконання трьох послідовних кроків :

а) візуальний аналіз цифрової моделі місцевості на предмет виявлення прогалин – комірок цифрової моделі без даних, що візуально виглядають як «провали». В ході обстеження було виявлено три таких проблемних осередки, які були усунені за допомогою інструменту заповнення прогалин модулю інструментів гідрологічного моделювання;

б) за допомогою експертного підбору порогу чутливих значень для визначення так званих каркасних місць концентрації лінійного стоку ідентифіковано тальвеги поверхневого стоку;

в) до визначених тальвегів лінійної стадії поверхневого стоку було застосовано інструмент встановлення формального порядкового номера методом Хортон-Страхлера.

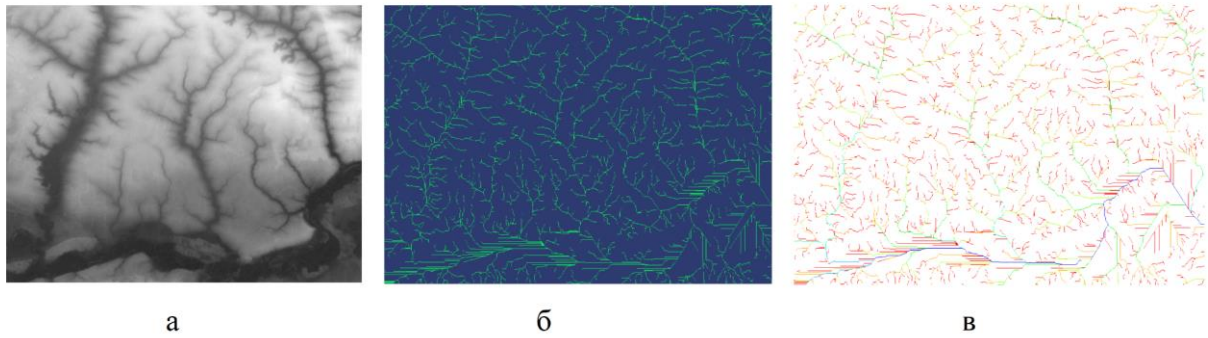


Рис. 3.4 – Моделювання латеральних потоків поверхневого стоку:
а) візуальний аналіз цифрової моделі місцевості; б) ідентифікація тальвегів поверхневого стоку; в) визначення порядку тальвегів поверхневого стоку

Таким чином, в результаті одержано локальну модель басейнової ландшафтної територіальної структури (без урахування регіональних особливостей гідро мережі) із визначеними порядками тальвегів поверхневого стоку, що варіювались від елементарних басейнів 1 порядку до суб-басейнів 7 порядку. На рис. 3.5 продемонстровано результат процесу моделювання латеральних потоків поверхневого стоку місцевості досліджуваної території, оформлений у вигляді тематичного картографічного твору.

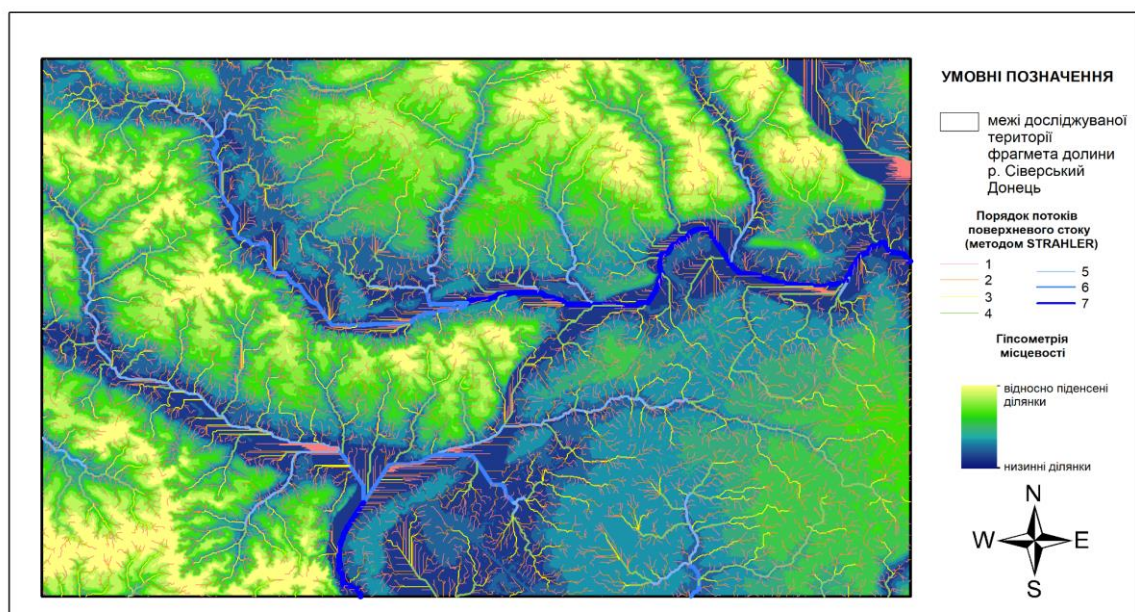


Рис. 3.5 – Модель латеральних потоків поверхневого стоку місцевості досліджуваної території

3.3 Аналіз цифрової моделі поверхневого стоку задля організації контрольних пунктів спостереження за станом довкілля

Відповідно до задач дослідження в результаті опрацювання наукових джерел встановлено сучасну існуючу на території дослідження мережу пунктів операційного та діагностичного моніторингу якості вод, яка наведена на рис.3.6.

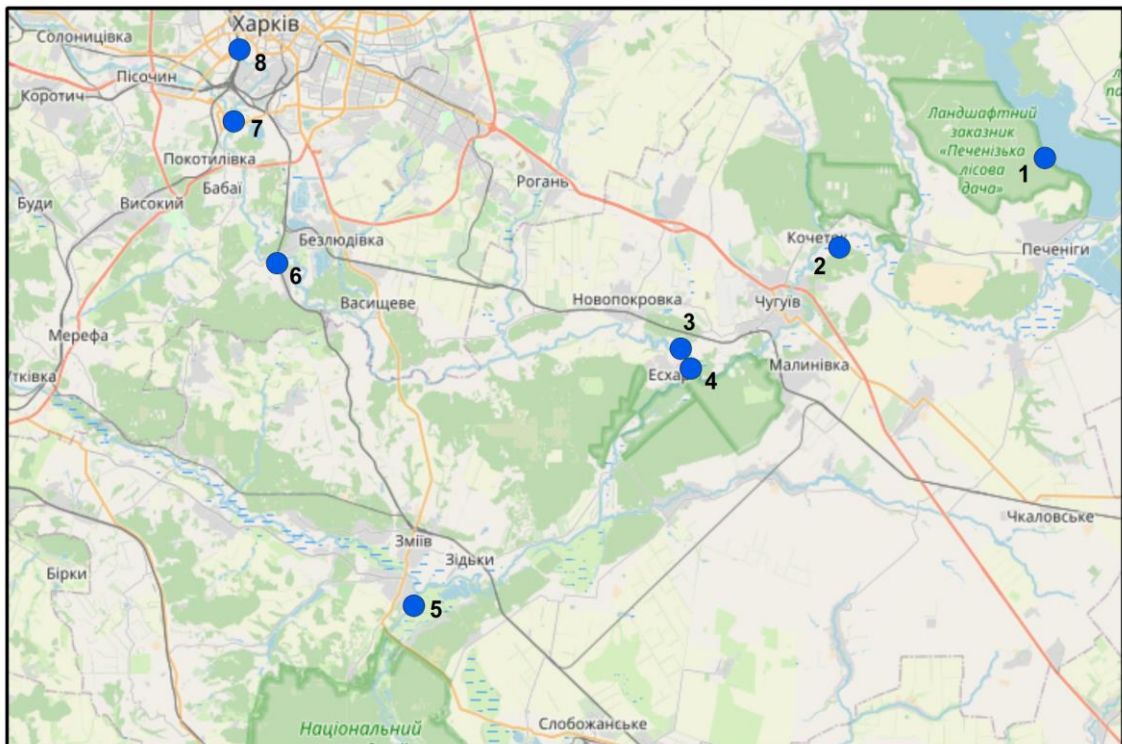


Рис. 3.6 – Існуюча мережа пунктів моніторингу якості вод в межах території дослідження [19, 20, 21]

То ж, наразі на території дослідження розташовано 8 стаціонарних пунктів моніторингу якості вод (без урахування стаціонарних постів).

Задля пошуку можливостей її оптимізації було виконано накладання шару географічної інформації сучасної мережі пунктів на растровий шар розробленої моделі латеральних потоків поверхневого стоку. Результат цього картографічного синтезу ми можемо бачити на рис. 3.7.

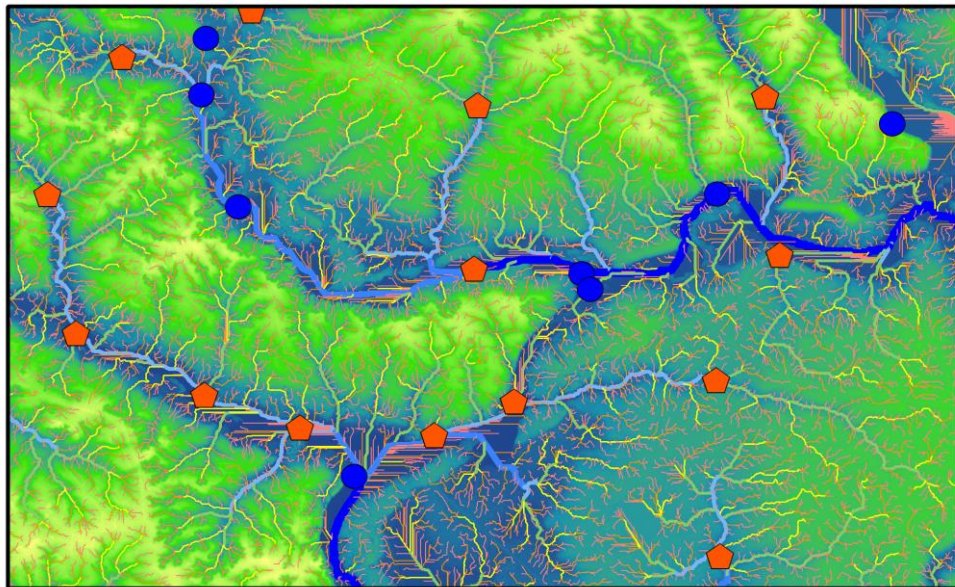


Рис. 3.7 – Аналіз латеральних потоків поверхневого стоку місцевості та обґрунтування додаткових пунктів моніторингу вод

Ідентифіковані місця злиття латеральних потоків починаючи від 3 порядку та вище запропоновано розглядати як місця значимої акумуляції поверхневого стоку з прилеглих рівнинних поверхонь, що можуть використовуватись як потенційно сприятливі місця організації пунктів дослідницького моніторингу тимчасово-експедиційного типу (рис. 3.8).

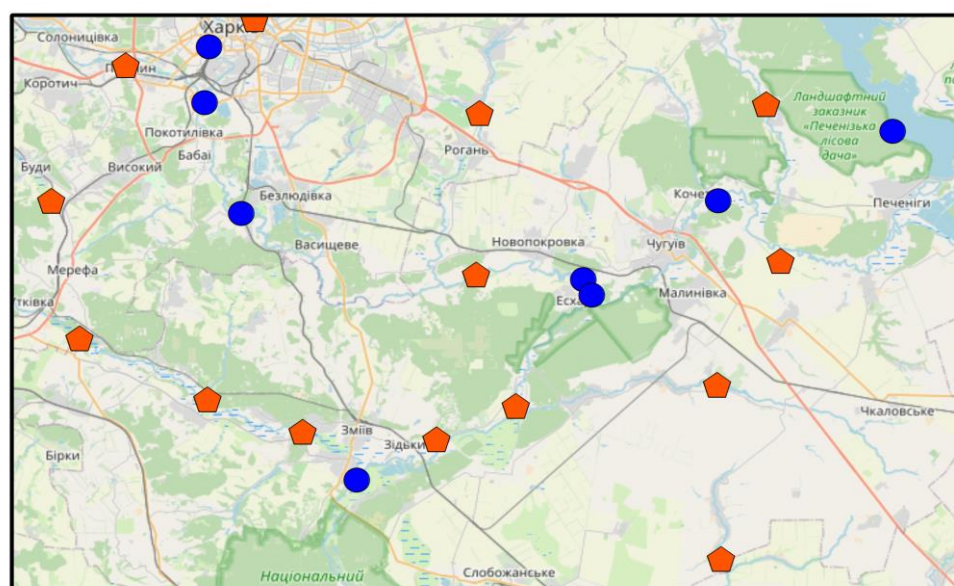


Рис. 3.8 – Пропозиції щодо розширення мережі екологічного моніторингу вод в межах території дослідження

Як видно з рис. 3.8., за результатами аналізу існуючої мережі моніторингу вод та її зіставленні з розробленою моделлю поверхневого стоку запропоновано доповнити її 13 дослідницькими пунктами моніторингу тимчасово-експедиційного типу.

Реалізація запропонованих заходів із розширення системи моніторингу вод досліджуваної території, на наш погляд, дозволить оцінити внесок саме поверхневого стоку з елементарних водозбірних басейнів та суб-басейнів відносно невеликих розмірів у спосіб виконання забору зразків вод шляхом їх захоплення вод в резервуари-«пастки» задля подальшого проведення хіміко-аналітичних та еколого-токсикологічних досліджень.

ВИСНОВКИ

1. Реалізація регіонального екологічного моніторингу згідно до сформованих економічних механізмів реалізації є проявом державної екологічної політики на регіональному рівні, що набула значного розвитку у зв'язку із активним процесом децентралізації та може здійснюватися шляхом впровадження цільових екологічних програм. Хоча, за часи незалежності в Україні сформувалося значне підґрунтя та механізми реалізації регіональної екологічної політики, проте відмічають їх слабку ефективність.

Однією із суттєвих прогалин існуючих нині мереж моніторингу вод є недосконала мережа збору даних, що не дозволяє розглядати внесок дифузних джерел забруднення водних об'єктів та ігнорує поверхневий стік як важливий чинник формування екологічного стану гідрологічного об'єкту. Вважаємо, що організована мережа пунктів моніторингу вод із врахуванням впливу поверхневого стоку на формування стану вод є обов'язковою вимогою, що забезпечує дотримання комплексного інтегрованого управління водними ресурсами в межах водозбірних басейнів.

2. У роботі були використані дистанційні методи збору інформації про довкілля, ГІС-моделювання гідрологічних процесів та картографічний метод дослідження. Основним вихідним джерелом інформації для проведення дослідження слугувала цифрова модель місцевості, що отримана в рамках проєкту SRTM (англ. Shuttle Radar Topography Mission).

3. Розроблено геоінформаційну модель розподілу поверхневого стоку для досліджуваної фрагменту долини р. Сіверський Донець, що складається з трьох тематичних картографічних творів, яка дозволяє встановити інтенсивність поверхневого стоку, напрямок переважаючих потоків, та оцінювати ієрархію суб-басейнів поверхневого стоку.

4. Запропоновано заходи з оптимізації системи екологічного моніторингу для території дослідження на основі одержаних результатів дослідження шляхом формування пропозиції з розширення. Пропонується

схема з додаткових 13 дослідницьких пунктів тимчасово-експедиційного типу моніторингу вод, збір даних з яких дозволяє визначати внесок поверхневого стоку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля : Постанова Каб. Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 : станом на 8 верес. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п#Text> (дата звернення: 21.04.2023).
2. Досвід і проблеми впровадження системи моніторингу / А. Г. Шапар та ін. *Екологія і природокористування*. 2013. Т. 16. С. 221–234.
3. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод : Постанова Каб. Міністрів України від 19.09.2018 р. № 758 : станом на 8 верес. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-п#Text> (дата звернення: 21.04.2023).
4. Водний кодекс України : Кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР : станом на 19 серп. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text> (дата звернення: 21.04.2023).
5. Антонюк І. В. Моніторинг стану забруднення води. *Публічне управління та адміністрування у процесах економічних реформ* : зб. тез доп. V Всеукр. науково-практ. конф. з дистанц. участю, м. Херсон, 24 берез. 2021 р. 2021. С. 181–183.
6. Степова О. В., Рома В. В. Моніторинг поверхневих вод : навч. посіб. Полтава : ПолтНТУ, 2017. 82 с.
7. Про затвердження Порядку розроблення плану управління річковим басейном : Постанова Каб. Міністрів України від 18.05.2017 р. № 336 : станом на 8 верес. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/336-2017-п#Text> (дата звернення: 21.04.2023).
8. Про схвалення Водної стратегії України на період до 2050 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 09.12.2022 р. № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-р#Text> (дата звернення: 09.04.2023).

9. Андрієнко М. В. Шако В. С. Механізми реалізації державної екологічної політики на регіональному рівні. *Інвестиції: практика та досвід*. 2017. № 18. С. 47–53.
10. Майстро С. В., Колєнов О. М. Проблеми та протиріччя державної екологічної політики на регіональному рівні. *Державне будівництво*. 2014. №1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/DeBu_2014_1_9. (дата звернення: 09.04.2023).
11. Потапенко В. Г. Шевчук І. В. Оптимізація системи екологічного моніторингу як стратегічного компонента економічної безпеки України. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2013. № 2. С. 242–250.
12. Аристархова Е. О. Концептуальні аспекти удосконалення системи екологічного моніторингу поверхневих вод. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 134–140.
13. Антоненко С. В., Земляний О. Д., Ізмайлова М. К. Методи поповнення пропусків даних гідрологічного моніторингу. *Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій*. 2020. Т. 24. С. 3–15.
14. Критська Я. О., Білобородова Т. О. Дослідження методів обробки та аналізу геопросторових зображень для віддаленого моніторингу поверхневих вод. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2022. Т. 1 (271). С. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2022-271-1-11-17>.
15. Васенко О. Г. Брук В. В. Карлюк А. А. Свиридов Ю. В. Геоінформаційна модель якості води в системі екологічного моніторингу дельти Дунаю. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр.* 2020. № 42. С. 63–79.
16. Триснюк В. М., Охарєв В. О., Триснюк Т. В., Сметанін К. В., Голован Ю. М. Створення системи мобільного екологічного моніторингу. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал*. 2018. № 2 (18). С. 118–125.

17. Ткачук П. С. Аналіз існуючих аналогів для системи екологічного моніторингу при веденні оперативно-службової діяльності. *Вісник ЛДУ БЖД*. 2018. № 17. С. 111–122.
18. Хільчевський В. К., Гребінь В. В. Деякі аспекти щодо стану території районів річкових басейнів та моніторингу вод під час вторгнення Росії в Україну. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*. 2022. № 3 (65). С. 6–14.
19. Національний атлас України. Київ : Картографія, 2009. 440 с. URL: https://atlas.igu.org.ua/maps_elektron.html.
20. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2021 році. Харків, 2022. 173 с.
21. Координатор проєктів ОБСЄ в Україні. Стан басейну Сіверського Дінця та фактори впливу в умовах військових дій. Технічний звіт. 2018. 88с.
22. Climate monitoring as an indicator of the hydrological condition of the Siversky Donets river basin / S. Reshetchenko et al. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, Series geology. geography. ecology*. 2022. No. 56. P. 172–183. URL: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-12> (date of access: 09.04.2023).