ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота
магістра

на тему ЗМІНИ БІОТОПІВ РОЗВИТКУ ЛИЧИНОК КРОВОСИСНИХ КОМАРІВ ПІСЛЯ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС
CHANGES IN THE BIOTOPES OF BLOOD-SUCKING MOSQUITO LARVAE DEVELOPMENT AFTER THE DESTRUCTION OF THE KAKHOVKA

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1014
спеціальності 101 Екологія
освітньо-професійної програми
«Екологія та охорона
навколишнього середовища» Бібик Є. В.
Керівник професор, професор, д.ю.н. Чумаченко І. М.
Рецензент професор, професор, д.б.н. Рильський О. Ф.

Запоріжжя – 2025

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма
«Екологія та охорона навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та
прикладної екології і зоології, д.б.н., проф.

О.Ф. Рильський

«28» березня 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Бібику Євгену Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Зміни біотопів розвитку личинок кровосисних комарів після руйнування Каховської ГЕС

Керівник роботи Чумаченко І.М., д.ю.н., професор
затверджена наказом ЗНУ від «28» березня 2025 року № 455-с

2. Строк подання студентом роботи «5» грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи аналіз мезофауни агроценозів Запорізької області

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити: визначити характеристики біотопів розвитку личинок комарів до та після руйнування греблі, проаналізувати зміни гідрологічного режиму та екологічних умов у водоймах постраждалих територій, оцінити вплив змін біотопів на видовий склад і чисельність популяцій кровосисних комарів, розробити рекомендації щодо моніторингу та контролю чисельності комарів у змінених екологічних умовах.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 5 таблиць та 8 рисунків.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ім’я, по батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Притула Н.М., к.с\г.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 30 березня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	березень-травень 2025 р.	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	травень-червень 2025 р.	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання розділу роботи.	серпень 2025 р.	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту	вересень 2025 р.	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	жовтень 2025 р.	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи	грудень 2025 р.	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи	грудень 2025 р.	Виконано

Студент _____ Є. В. Бібик

Керівник роботи _____ І.М. Чумаченко

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Н. М. Притула

_____

РЕФЕРАТ

В роботі 60 сторінки, 5 таблиць та 8 рисунків, було використано 74 літературних джерел, із них 7 іноземною мовою.

Об’єкт дослідження – біотопи розвитку личинок кровосисних комарів у зоні впливу руйнування Каховської ГЕС. Предмет дослідження – зміни екологічних умов біотопів та їхній вплив на розвиток і чисельність личинок комарів.

Методи дослідження включають польові обстеження водойм для збору даних про гідрологічні параметри та рослинність, лабораторний аналіз зібраного матеріалу для ідентифікації видів комарів, а також гідроекологічні та статистичні методи для оцінки змін біотопів і динаміки популяцій. Використання цих методів забезпечує комплексний підхід до аналізу екологічних змін.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному дослідженні впливу антропогенної катастрофи, спричиненої руйнуванням Каховської ГЕС, на біотопи розвитку личинок комарів. Вперше встановлено зв’язки між змінами гідрологічного режиму, трансформацією водної рослинності та динамікою популяцій комарів у посткатастрофічний період, що є особливо актуальним у воєнних умовах.

КРОВОСИСНІ КОМАРІ, БІОТОПИ ЛИЧИНОК, КАХОВСЬКА ГЕС, ЕКОЛОГІЧНІ ЗМІНИ, ВОДНО-БОЛОТНІ ЕКОСИСТЕМИ, АНТРОПОГЕННА КАТАСТРОФА

ABSTRACT

The thesis consists of 60 pages, incorporating 5 tables and 8 figures, and is supported by 74 literature sources, including 7 in foreign languages.

Object of the Study: Biotopes facilitating the development of mosquito larvae within the zone impacted by the destruction of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant (HPP).

Subject of the Study: Alterations in the ecological conditions of biotopes and their effects on the development and population dynamics of mosquito larvae.

Research Methods: The methodology includes field surveys of water bodies to gather data on hydrological parameters and vegetation, laboratory analysis of collected samples for mosquito species identification, and hydroecological and statistical methods to evaluate changes in biotopes and population dynamics. This integrated approach ensures a thorough analysis of ecological changes.

Scientific Novelty: The research offers a comprehensive examination of the effects of the anthropogenic disaster caused by the Kakhovka HPP destruction on mosquito larvae biotopes. It establishes, for the first time, correlations between alterations in the hydrological regime, transformations in aquatic vegetation, and mosquito population dynamics in the post-catastrophe period, which holds particular significance under wartime conditions in Ukraine.

BLOOD-SUCKING MOSQUITOES, LARVAL BIOTOPES, KAKHOVKA HPP, ECOLOGICAL CHANGES, WETLAND ECOSYSTEMS, ANTHROPOGENIC DISASTER

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ……4
ABSTRACT…….5
ВСТУП…….....6
1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ…….....9
1.1. Екологічна роль кровосисних комарів у екосистемах……9
1.1.1. Біологія та екологія личинок кровосисних комарів…….....9
1.1.2. Роль личинок комарів у трофічних ланцюгах водних екосистем……..13
1.1.3. Кровосисні комарі як індикатори стану водних екосистем….....14
1.2. Історія вивчення впливу антропогенних катастроф на водні біотопи…….15
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ…….....20
2.1. Фізико-географічна характеристика району дослідження……...20
2.1.1. Географічне положення та рельєф Каховського водосховища……20
2.2. Методи відбору личинок кровосисних комарів……27
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА……31
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХСИТУАЦІЯХ…….43
ВИСНОВКИ……46
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ…….....48
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ…….....51

ВСТУП

Актуальність роботи. Кровосисні комарі (родина Culicidae) є важливими компонентами водних екосистем. Личинкова фаза їх розвитку тісно пов’язана з екологічними умовами водойм, які зазнають значних змін під впливом антропогенних і природних факторів [1-3]. Руйнування греблі Каховської ГЕС у 2023 році спричинило масштабну екологічну катастрофу, що призвела до зміни гідрологічного режиму та трансформації біотопів - місць виплоду личинок кровосисних комарів [4-5]. Дослідження змін біотопів розвитку личинок комарів у посткатастрофічний період є актуальним для оцінки екологічних і санітарно-епідеміологічних ризиків, а також для розробки заходів контролю чисельності комарів в умовах воєнного часу в Україні.

Мета роботи вивчити зміни біотопів розвитку личинок кровосисних комарів після руйнування греблі Каховської ГЕС та оцінити їх вплив на чисельність і видовий склад комарів у постраждалих регіонах.

Завдання дослідження:

1. визначити характеристики біотопів розвитку личинок комарів до та після руйнування греблі Каховської ГЕС;

2. проаналізувати зміни гідрологічного режиму та екологічних умов у водоймах постраждалих територій;

3. оцінити вплив змін біотопів на видовий склад і чисельність популяцій кровосисних комарів;

4. розробити рекомендації щодо моніторингу та контролю чисельності комарів у змінених екологічних умовах.

Об’єкт дослідження – біотопи розвитку личинок кровосисних комарів у зоні впливу руйнування Каховської ГЕС.

Предмет дослідження – зміни екологічних умов біотопів та їхній вплив на розвиток і чисельність личинок кровосисних комарів.

Методи дослідження включають польові обстеження водойм, лабораторний

аналіз зібраного матеріалу, гідроекологічні та статистичні методи для оцінки змін біотопів і популяцій комарів.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному аналізі впливу антропогенної катастрофи, спричиненої руйнуванням Каховської ГЕС, на біотопи розвитку личинок кровосисних комарів, а також у встановленні зв’язків між змінами гідрологічного режиму та динамікою популяцій комарів у воєнний період.

Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій для екологічного моніторингу та заходів із контролю чисельності кровосисних комарів, що сприятиме зниженню ризиків поширення трансмісивних захворювань у постраждалих регіонах.

1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Екологічна роль кровосисних комарів у екосистемах

Кровосисні комарі (*Culicidae*) відіграють важливу роль в екосистемах, зокрема у водних і наземних біоценозах. Їхні личинки є важливою складовою трофічних ланцюгів водних екосистем, виступаючи як споживачі органічної речовини та їжа для багатьох водних організмів. Дорослі кровосисні комарі, своєю чергою, є джерелом живлення для птахів, кажанів, амфібій та інших комахоїдних тварин. Крім того, кровосисні комарі є індикаторами екологічного стану водойм, оскільки їх видовий склад і чисельність залежать від гідрологічних, гідротермічних умов, якості води та рослинності [6-10]. Зміни в цих параметрах, спричинені, наприклад, руйнуванням Каховської ГЕС, можуть суттєво вплинути на біотопи розвитку личинок, що впливає на екологічну рівновагу.

1.1.1. Біологія та екологія личинок кровосисних комарів

Життєвий цикл кровосисних комарів включає чотири стадії: яйце, личинка, лялечка та імаго. Личинки розвиваються у водоймах, де їхній розвиток залежить від типу біотопу, гідрологічного режиму, температури, наявності рослинності та якості води. Постійні водойми є основними місцями виплоду для комарів родів *Anopheles, Uranotaenia, Culiseta, Culex,* які відкладають яйця на поверхню води. Натомість види роду Aedes переважно відкладають яйця на вологий грунт у періодичних водоймах, що періодично пересихають. Наприклад, комарі роду Mansonia розвиваються лише у постійних водоймах з вищою водною рослинністю, оскільки їхні личинки прикріплюються до повітроносних судин рослин [11].

Тривалість розвитку личинок залежить від термофільності виду та умов водойми. Холодостійкі види, такі як Aedes групи communis, з'являються ранньою весною (березень-квітень) у мілких, добре прогрітих водоймах. Більш теплолюбні види, як *Ae. caspius* чи *Ae. vexans*, з'являються пізніше. Личинки проходять чотири стадії розвитку, кожна з яких супроводжується линянням. Наприклад, личинки *Anopheles maculipennis* на першій стадії мають довжину 1 мм, а на четвертій – 8-10 мм [6-7].

Личинки активно харчуються органічними рештками, перифітоном і планктоном, що визначає їхню роль у переробці органічної речовини у водоймах [12-15]. Кровосисні комарі (родина Culicidae) є важливими компонентами водних екосистем, відіграючи ключову роль у переробці органічної речовини. Їхній життєвий цикл включає чотири стадії: яйце, личинка, лялечка та імаго. Личинки, як водна фаза розвитку, мають особливе значення, оскільки їхній розвиток залежить від екологічних умов водойм. У цьому розділі розглянуто біологічні особливості личинок кровосисних комарів, їхню екологію, зв'язок із типами водойм, а також сезонну динаміку чисельності.

Життєвий цикл кровосисних комарів охоплює чотири стадії, з яких личинкова є найтривалішою і проходить у водному середовищі. Личинки проходять чотири вікові стадії, розділені линяннями, під час яких розміри тіла значно збільшуються. Наприклад, личинки *Anopheles maculipennis* на першій стадії мають довжину близько 1 мм, а на четвертій – 8-10 мм [9]. Тривалість розвитку залежить від температури води, термофільності виду та наявності поживних речовин. Личинки активно харчуються органічними рештками, перифітоном і планктоном, що визначає їхню роль у біологічному кругообігу водойм [12]. Лялечка, на відміну від личинки, не живиться, використовуючи запаси, накопичені на личинковій стадії. Вона зберігає рухливість, що дозволяє їй уникати небезпек. Під час цієї фази відбувається перебудова внутрішніх органів і формування структур дорослої комахи [12].

Личинки кровосисних комарів розвиваються в різних типах водойм, що визначає їхню екологічну спеціалізацію. Постійні водойми з густою водною

рослинністю є основними біотопами для видів родів *Anopheles*, *Uranotaenia*, *Culiseta* та *Culex*, які відкладають яйця на поверхню води. Наприклад, личинки *Mansonia* прикріплюються до повітроносних судин рослин, що забезпечує їм доступ до кисню [3]. Натомість види роду *Aedes* віддають перевагу періодичним водоймам, відкладаючи яйця на вологий грунт, де вони можуть зберігати життєздатність до наступного затоплення [11].

Тривалість і строки розвитку личинок залежать від термофільності виду. Холодостійкі види, такі як *Aedes* групи *communis*, з'являються ранньою весною (березень-квітень) у мілких, добре прогрітих водоймах. Теплолюбні види (*Ae. caspius*, *Ae. vexans*) з'являються пізніше, а їхній розвиток триває 30–40 днів за оптимальних умов [2, 6, 12-18]. У літній період у тимчасових водоймах виплоджуються поліциклічні види *Aedes*, а *Cx. pipiens molestus* може розвиватися цілий рік у затоплених підвалах [19-21].

Спосіб відкладання яєць відрізняється між родами комарів. Представники *Anopheles* відкладають яйця окремо на поверхню води, тоді як *Culex* формують компактні «човники» з яєць. Яйця *Aedes* відкладаються поодинці на вологий грунт і здатні зберігати життєздатність до трьох років (*Ae. dorsalis*) за несприятливих умов [11]. Яйця *Anopheles* мають поплавки або оторочку, що забезпечують їхнє утримання на воді, тоді як у *Culex* яйця мають блюдцеподібний вінчик для вертикального положення. Морфологія яєць також варіює. Яйця *Anopheles* мають міцну шкаралупу з екзо- та ендохоріоном, що темніє після контакту з водою. У *Ae. bifurcatus* і *An. maculipennis* верхня поверхня яєць має характерний малюнок, який використовується для ідентифікації підвидів [11].

Сезонна чисельність імаго комарів залежить від екологічних умов і біологічних особливостей видів. За сезонним ходом чисельності виділяють такі групи:

1. Ранньовесняні види (*Aedes* групи *communis*, *Ae. stramineus*) з'являються в березні-квітні, пік чисельності припадає на червень.

2. Пізньо-весняні види (*Aedes* групи *cantans*) з'являються дещо пізніше, з піком у травні-червні.

3. Весняно-літні види (*Ae. cinereus, Ae. dorsalis*) поліциклічні, з кількома піками чисельності до кінця сезону.

4. Літні види (*Ae. caspius, Ae. vexans*) активні з червня до серпня.

5. Пізньолітні види (*Anopheles, Culex*) пік чисельності припадає на серпень-вересень [16-19].

Крива сезонної чисельності має двовершинний характер: перший пік формується весняними видами, другий – літніми та пізньо-літніми. Чисельність залежить від погодних умов, зокрема кількості опадів і температури [20].

Дорослі комарі демонструють статевий диморфізм у живленні: самці споживають лише рослинні соки, тоді як самиці більшості видів потребують крові хребетних для розвитку яєць. Одна порція крові дозволяє самці відкласти до 250 яєць, а сприятливі умови забезпечують кілька кладок за сезон [19]. Види *Aedes* здатні розвивати частину яєць за неповного кровоссання, що підвищує їхню репродуктивну ефективність [20].

Личинки кровосисних комарів відіграють важливу роль у водних екосистемах, беручи участь у переробці органічної речовини. Їхній розвиток залежить від типу водойми, температури та наявності поживних речовин. Екологічна спеціалізація видів (*Anopheles, Aedes, Culex*) визначає їхні біотопи та сезонну динаміку. Ранньовесняні та поліциклічні види формують основні піки чисельності, що впливають на епідеміологічну ситуацію. Вивчення біології та екології личинок є ключовим для розробки заходів контролю чисельності комарів та профілактики трансмісивних захворювань.

1.1.2. Роль личинок комарів у трофічних ланцюгах водних екосистем

Личинки кровосисних комарів є важливою ланкою трофічних ланцюгів водних екосистем. Вони виступають первинними та вторинними споживачами, живлячись детритом, мікроорганізмами та перифітоном. Наприклад, личинки

Culex є фільтраторами, що живляться планктоном у поверхневому шарі води, тоді як личинки Aedes зішкрібають органічні рештки з дна водойм [7-8]. Завдяки цьому вони сприяють переробці органічної речовини та підтриманню біогеохімічних циклів у водоймах.

Личинки комарів є їжею для багатьох водних організмів, зокрема риб, амфібій, водяних комах (наприклад, бабок) та птахів. Їхня висока чисельність у водоймах (до 4000 личинок на 1 літр у випадку Aedes [8]) забезпечує стабільне джерело їжі для хижаків. Водночас, як переносники паразитів (наприклад, філярій чи малярійних плазмодіїв), личинки можуть впливати на здоров’я інших організмів у трофічних ланцюгах, що робить їх важливим фактором у динаміці екосистем [4].

Личинки кровосисних комарів є важливою складовою трофічних ланцюгів водних екосистем, виконуючи функції первинних і вторинних консументів. Вони живляться детритом, мікроорганізмами та перифітоном, сприяючи переробці органічної речовини та підтриманню біогеохімічних циклів. Завдяки високій чисельності личинки слугують стабільним джерелом їжі для водних хижаків, таких як риби, амфібії, комахи та птахи. Водночас, будучи потенційними переносниками паразитів, вони можуть негативно впливати на здоров’я інших організмів, що підкреслює їхню двоїсту роль як ключового екологічного компонента та фактора біологічного ризику в екосистемах.

1.1.3. Кровосисні комарі як індикатори стану водних екосистем

Кровосисні комарі є чутливими індикаторами екологічного стану водних екосистем через їхню залежність від гідрологічних і гідротермічних умов, а також якості води. Різні види комарів приурочені до специфічних біотопів: постійних водойм (Anopheles, Culex), періодичних водойм (Aedes) або спеціалізованих середовищ, як-от дупла дерев (*Ae. geniculatus, An. plumbeus*) чи засолені водойми

(*Ae. dorsalis, Ae. caspius*) [1, 6]. Зміни у цих біотопах, наприклад, через руйнування Каховської ГЕС, можуть призвести до трансформації видового складу комарів, зміни їхньої чисельності чи появи нових місць виплоду.

Висока чутливість комарів до змін рівня води, температури та вмісту органічних речовин робить їх ефективними біоіндикаторами. Наприклад, масовий виплід Aedes у тимчасових водоймах після паводків може свідчити про порушення гідрологічного режиму, тоді як присутність Culex у забруднених водоймах вказує на високий рівень органічного забруднення [1]. Крім того, комарі є переносниками збудників хвороб (малярія, японський енцефаліт, дірофіляріоз), що пов’язує їхню чисельність із санітарно-епідеміологічним станом регіону [4, 8]. Таким чином, моніторинг видового складу та чисельності комарів може допомогти оцінити наслідки антропогенних змін, таких як руйнування гідротехнічних споруд, для водних екосистем.

Кровосисні комарі є переносниками збудників низки інфекційних хвороб, зокрема малярії, японського енцефаліту та дірофіляріозу. Їхня чисельність і поширення безпосередньо впливають на санітарно-епідеміологічний стан регіону [4, 8]. Зміни в біотопах, спричинені руйнуванням гідротехнічних споруд, можуть посилити епідеміологічні ризики через зростання популяцій комарів-переносників. Моніторинг їхнього видового складу та чисельності є важливим інструментом для прогнозування та запобігання епідемічним спалахам.

Кровосисні комарі є надійними біоіндикаторами стану водних екосистем завдяки їхній чутливості до змін гідрологічних, гідротермічних і хімічних умов. Їхня екологічна спеціалізація до різних типів водойм дозволяє оцінювати вплив антропогенних факторів, таких як руйнування Каховської ГЕС, на екосистеми. Водночас їхня роль як переносників патогенів підкреслює необхідність постійного моніторингу популяцій для управління екологічними та епідеміологічними ризиками. Комплексне вивчення комарів сприяє розробці стратегій збереження біорізноманіття та захисту громадського здоров’я.

1.2. Історія вивчення впливу антропогенних катастроф на водні біотопи

Вивчення впливу антропогенних катастроф на водні біотопи є важливим напрямком екологічних досліджень, оскільки такі події спричиняють значні зміни в гідрологічних, гідрохімічних та екологічних характеристиках водойм. Одним із наймасштабніших прикладів таких катастроф в Україні є руйнування Каховської ГЕС 6 червня 2023 року, що призвело до осушення Каховського водосховища та затоплення прилеглих територій. Ця подія стала об’єктом численних досліджень, які висвітлюють наслідки для водних екосистем, біорізноманіття, ґрунтів, а також соціально-економічні та епідеміологічні аспекти [21-23].

Дослідження впливу антропогенних катастроф на водні біотопи в Україні розпочалися ще в середині XX століття, коли створювалися великі водосховища, зокрема Каховське, для потреб гідроенергетики, водопостачання та зрошення [24]. Каховське водосховище, створене в 1956 році, стало об’єктом моніторингу екологічного стану через його значення для водного балансу регіону та підтримки біорізноманіття [25]. Ранні роботи зосереджувалися на оцінці гідрологічного режиму, якості води, фітопланктону та зоопланктону, а також промислових видів риб [26-28]. Наприклад, дослідження Обухова Є.В. та Корягіної О.С. аналізували температуру води та випаровування, що впливають на екологічний стан водойми [29-30].

Антропогенні катастрофи, такі як руйнування гідротехнічних споруд, призводять до швидких змін у водних біотопах. Руйнування Каховської ГЕС спричинило осушення водосховища, втрату третини прісноводних запасів України, забруднення поверхневих вод токсикантами та зміну гідрогеологічного режиму [21, 31-33]. Зокрема, Пічура В.І. та Потравка Л.О. зазначають, що осушення водосховища змінило кліматично-гідрологічні умови, вплинувши на рослинний покрив і біотопи, які залежали від стабільного водного режиму [22]. Затоплення прилеглих територій у Херсонській та Миколаївській областях

призвело до деградації сільськогосподарських угідь, лісів та забруднення ґрунтів важкими металами, рис. 1.1. [23, 34].

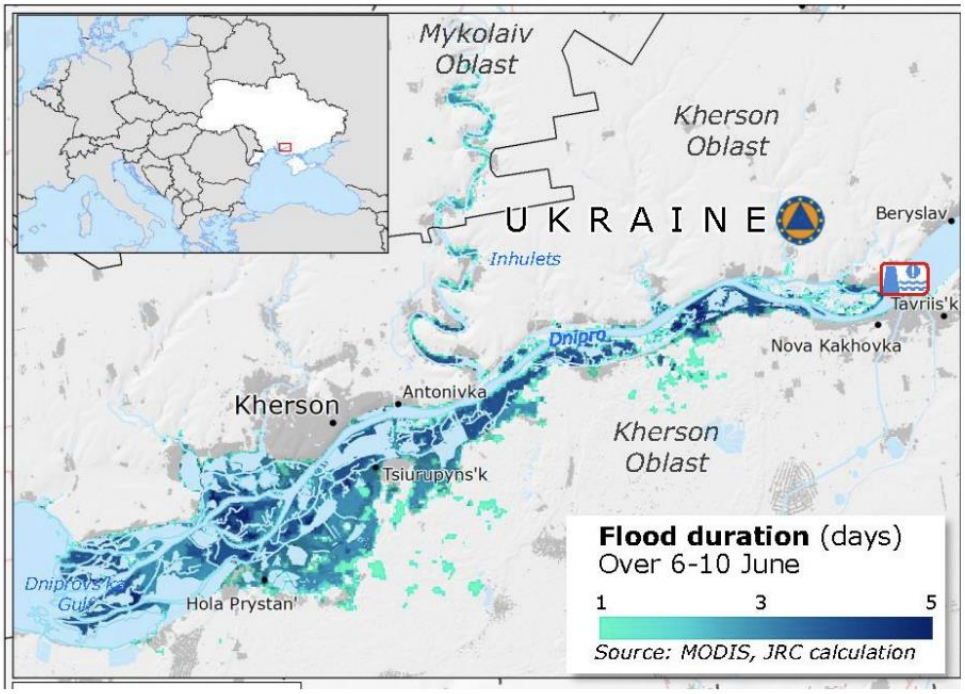


Рисунок 1.1 – Зона затопления станом на 10.06.2023 р. (фрагмент публікації ERCC (EU Emergency Response Coordination Centre) [23]

Дослідження Трохименка Г.Г. та Магась Н.І. показали, що затоплення змінило якість поверхневих вод у Миколаївській області, підвищивши вміст токсичних речовин, що може вплинути на водні біотопи та здоров'я населення [35]. Крім того, Рудік В.А. та ін. підкреслюють загрозу поширення природно-вогнищевих інфекцій через зміну умов у заплаві Дніпра, що може сприяти розмноженню переносників, таких як кровосисні комарі [36].

Руйнування Каховської ГЕС спричинило значні зміни у водних біотопах, зокрема втрату середовищ існування для водних організмів, таких як зоопланктон, фітопланктон та риби [26, 37]. Шупова Т.В. та Конякін С.М. зазначають, що катастрофа вплинула на популяції птахів, які залежали від водосховища як місця гніздування та живлення [38]. Автори підкреслюють, що Каховська катастрофа може призвести до значного скорочення популяцій деяких видів, зміни їх ареалів, а також до порушення функціонування екосистем, що вплине на інші види. Проводячи аналіз, автори спираються на дані про попередні екологічні наслідки катастроф та природних явищ, а також на загальні знання про

екологію та поведінку птахів. Зміна гідрологічного режиму також призвела до активізації техногенних процесів, таких як ерозія ґрунтів та пилення осушених відкладів, що додатково забруднює довкілля [39-40].

Дослідження гідроекологічного стану Каховського водосховища до катастрофи (Федоненко О.В. та ін.) показало, що антропогенний вплив уже мав тенденцію до погіршення якості води через накопичення органічних речовин і евтрофікацію [41]. Після катастрофи ці процеси посилилися, що підтверджують роботи Нотевського І.І. та Рудик-Леуської Н.Я., які вказують на зростання сапробності та зниження вмісту розчиненого кисню [27, 42].

Руйнування Каховської ГЕС мало не лише екологічні, а й соціально-економічні наслідки. Дупляк В.В. та ін. зазначають, що втрата водосховища порушила водопостачання та зрошення на півдні України, що негативно вплинуло на аграрний сектор. Наслідки руйнування Каховського водосховища для водопостачання та зрошення на півдні України є значними: зменшення зрошуваних земель, збитки сільському господарству; занепад річкових портів; обмеження водопостачання для промислових підприємств та населення півдня України та Криму; обмеження компенсації пікових навантажень електроенергії; побудова нової системи охолодження ЗАЕС; екологічні зміни в дельті Дніпра, засолення Дніпровсько-Бузького лиману. Відновлення Каховського водосховища є необхідною умовою розвитку півдня України, що своєю чергою буде вимагати значних фінансових та людських ресурсів [43]. У Нікополі припинення централізованого водопостачання після катастрофи спричинило проблеми з доступом до питної води, що підвищує ризик епідемій [44]. Стаття Майданюка В.П., Печиборща В.П. та Якимця В.М. присвячена екологічним наслідкам підриву Каховської ГЕС, зокрема, можливим епідеміологічним ризикам, автори підкреслюють потенційні епідеміологічні наслідки, пов’язані з поширенням інфекційних хвороб через забруднення води та зміну біотопів, сприятливих для комарів. Автори аналізують потенційні загрози для здоров'я населення, пов'язані з руйнуванням гідроелектростанції, зокрема, забруднення води та ґрунтів, поширення інших інфекційних захворювань та інші [45].

Сучасні дослідження пропонують різні підходи до відновлення екосистем після катастрофи. Наприклад, Стефанишин Д.В. та Корбутяк В.В. аналізують можливості повоєнної відбудови Каховського гідровузла з урахуванням екологічних уроків [46]. Дмитрієва О.О. та ін. пропонують заходи для запобігання пиленню осушених відкладів, що може зменшити вторинне забруднення [47]. Стаття Беленка В.Ю., Деркача Д.І. та Руля Н.В. присвячена дослідженню можливостей використання аерокосмічних методів для екологічного моніторингу Каховського водосховища. Автори, розглядають різні дистанційні методи, такі як супутникові знімки, аерофотозйомка та інші, для оцінки стану водного об'єкта, виявлення змін у якості води, моніторингу рослинності та інших екологічних параметрів. Результати можуть бути корисними для розробки стратегій управління та охорони Каховського водосховища [48].

Деякі дослідники, зокрема Василюк О.В. та ін., пропонують відмовитися від відновлення водосховища на користь відродження природної заплави Великого Лугу, що може сприяти відновленню природних біотопів [49]. Однак такі рішення потребують ретельного аналізу, оскільки вони можуть вплинути на водозабезпечення регіону та біорізноманіття.

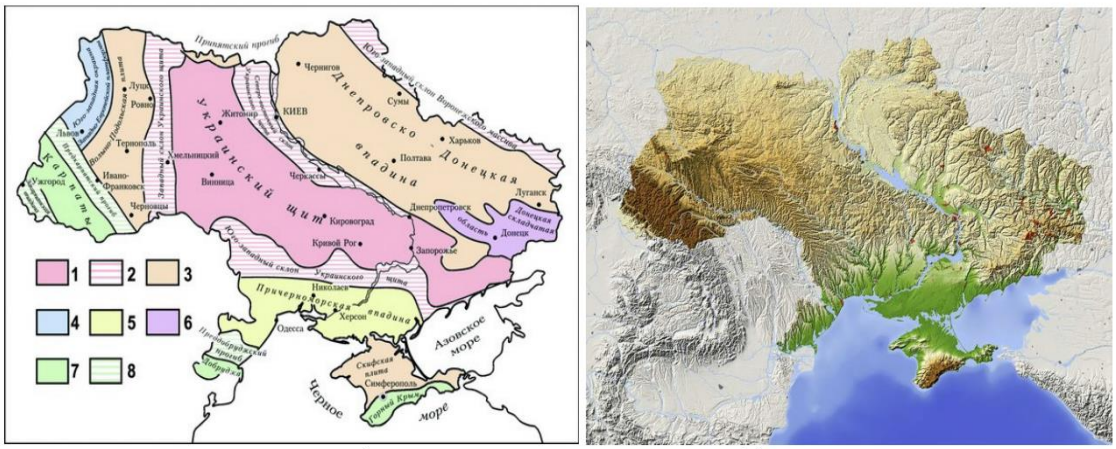
Руйнування Каховської ГЕС стало однією з найбільших антропогенних катастроф в історії України, що спричинило значні зміни у водних біотопах. Дослідження показують, що осушення водосховища та затоплення прилеглих територій призвели до деградації екосистем, забруднення води, втрати біорізноманіття та зростання епідеміологічних ризиків. Історично вивчення Каховського водосховища зосереджувалося на його гідроекологічному стані, але після катастрофи 2023 року акцент змістився на оцінку наслідків та пошук шляхів відновлення. Подальші дослідження мають фокусуватися на моніторингу біотопів, розробці заходів із відновлення екосистем та запобіганні вторинним екологічним загрозам, таким як поширення природно-вогнищевих інфекцій.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Фізико-географічна характеристика району дослідження

2.1.1. Географічне положення та рельєф Каховського водосховища

Територія України відноситься до східноєвропейської платформи, в якій можливо виділити одинадцять основних тектонічних структур показано на рис. 2. 1 (NVR, 2022), (Авіаційна метеорологічна станція Рівне, 2014): [50].



a) b)

1 – Український кристалічний щит;
2 – Ковельський виступ;
3 – Волино-Подільська плита;
4 – Карпатська складчаста область;
5 – Західноєвропейська платформа;
6 – Дніпровсько-Донецька западина;
7 – Воронезький масив;
8 – Донецька складчаста область;
9 – Причорноморська западина;
10 – Скіфська плита;
11 – Кримська складчаста система.

Рисунок 2.1 – Основні тектонічні структури території України:
a) тектонічна карта; b) карта рельєфу [50]

Значна частина території України відноситься до Українського кристалічного щита, який характеризується стабільністю. Його особливістю є умови залягання – на західній частині щита кристалічні породи залягають практично з поверхні, а на східній частині різко занурюються вниз: так, вздовж високого правого берега р. Дніпро ці породи залягають на глибинах 300...350 м, а вже на лівому березі ці породи залягають на глибинах більше 600 м. Відбувається перехід від Придніпровської височини до Придніпровської низини. Таким чином, сучасне русло р. Дніпро протікає вздовж найбільшого тектонічного розлому країни, який знаходиться у стабільному стані.

Заплавні території річки Дніпро, особливо в зоні впливу Каховського водосховища, характеризуються складною геологічною будовою, що включає алювіальні відклади, утворені внаслідок річкової діяльності [51]. Ці відклади складаються з різних типів ґрунтів, таких як піски, глини, суглинки та супіски, які мають різну щільність, водопроникність і несучу здатність. Згідно з даними табл.2.1, заплавні алювіальні ґрунти є неоднорідними як за складом, так і за фізичними властивостями, що створює певні виклики для будівництва та інженерних робіт у цій зоні.

Таблиця 2.1 надає детальний склад заплавних алювіальних ґрунтів, що дозволяє оцінити їхні основні характеристики. Наприклад, вміст піщаних, глинистих і пилуватих часток у ґрунтах може впливати на їхню водопроникність і стійкість до ерозії. Ці дані є критичними для розуміння того, як ґрунти реагуватимуть на зміни рівня води у водосховищі та навантаження від інженерних споруд.

Каховське водосховище, створене в середині XX століття, суттєво змінило природні умови заплавних територій. Підняття рівня води у водосховищі призвело до затоплення значних площ, що вплинуло на ґрунтові умови та гідрологічний режим. Зокрема, відбулися процеси підтоплення, зміни фільтраційних потоків і трансформації ґрунтового покриву.

Таблиця 2.1. – Склад алювіальних заплавних ґрунтів за Слюсаренко С.О. [52]

Вид грунту	щільність, □, г/см^3	Коефіцієнт фільтрації, $k_г$,см/с	Ступінь вторинної консолідації m_V, см3/Н
Торф	1,09	0,00006	0,22…0,67
Глина заторфована	1,44	0,4 *10^{-5}	0,030
Супісок	1,94	0,004	0,006
Пісок замулений	1,97	0,023	0,007
Пісок мілкий	1,96	0,25	0,002

Затоплені відсадали річки Дніпро, що є прямим наслідком створення водосховища. Крім того, створення водосховища спричинило зміни в седиментаційних процесах, що вплинуло на склад і властивості алювіальних відкладів.

Інженерно-геологічні дослідження заплавних територій є необхідними для забезпечення безпеки та стійкості будівельних об'єктів у зоні впливу водосховища. Заплавні ґрунти часто мають низьку несучу здатність і схильні до деформацій, особливо під впливом динамічних навантажень або зміни рівня ґрунтових вод.

Це особливо актуально для зони впливу Каховського водосховища, де коливання рівня води можуть призводити до періодичного підтоплення та осідання ґрунтів. Крім того, наявність слабких ґрунтів, таких як торф'яники або насичені водою глини, може вимагати застосування спеціальних методів підготовки основи, таких як дренаж, ущільнення або використання геосинтетичних матеріалів.

Рисунок 2.2 демонструє зміни швидкості фільтраційного потоку після гідравлічного заповнення, що є важливим для розуміння гідродинамічних процесів у ґрунтах заплавних територій. Ці дані можуть бути використані для моделювання поведінки ґрунтів під впливом водосховища та прогнозування можливих деформацій.

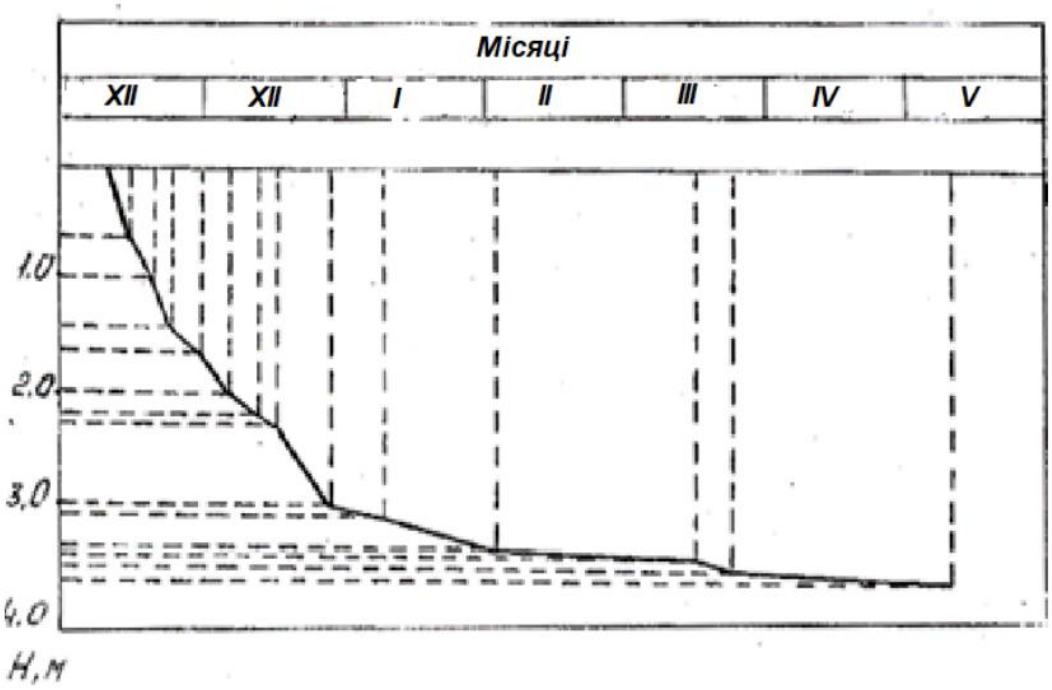


Рисунок 2.2 – Вимірювання рівня води в п’єзометрах (Слюсаренко С.О., 1984) [52]

Проведений аналіз дозволяє сформувати детальне уявлення про характеристики ділянки зони впливу Каховського водосховища. Геологічна будова, властивості ґрунтів та інженерно-геологічні особливості заплавних територій є ключовими факторами, які необхідно враховувати при плануванні та реалізації будівельних проектів у цій зоні. Використання ілюстративних матеріалів, таких як рисунки та таблиці, допомагає краще зрозуміти складність і специфіку геологічних умов, що склалися під впливом водосховища.

2.1.2. Гідрографічна мережа та зміни після руйнування Каховської ГЕС

Гідрографічна мережа річки Дніпро, однієї з найбільших річок Європи, відіграє ключову роль у водозабезпеченні, сільському господарстві, гідроенергетиці та екосистемах України. Каховське водосховище, створене в 1956 році, було важливим елементом цієї мережі, забезпечуючи регулювання стоку,

водопостачання та зрошення південних регіонів країни. Руйнування дамби Каховської ГЕС 6 червня 2023 року російськими окупаційними військами спричинило одну з найбільших техногенних і екологічних катастроф в історії України. Ця подія призвела до осушення водосховища, затоплення прилеглих територій, значних змін у гідрографічній мережі та суттєвих екологічних, соціальних і економічних наслідків. На основі аналізу літератури, зокрема таких джерел, як праці Павелка В.О.та Сапожника Н.І. [21] , Пічури В.І. та Потравки Л.О. [22], Чорноброва Ю.О. та Соломахи В.А. [23], Войтенка Ю.В. та Свиридової К.С. та інших [31], розглянемо особливості гідрографічної мережі басейну Дніпра, зміни після руйнування Каховської ГЕС та їхній вплив на водні ресурси.

Річка Дніпро, з довжиною 2285 км (1121 км у межах України) та площею басейну 504 тис. км², є основою гідрографічної мережі України (Обухов Є.В., 2012) [29]. Каховське водосховище, розташоване в нижній течії Дніпра, було найбільшим за об'ємом води (18,2 км³) і другим за площею (2155 км²) в Україні (Мойсієнко І.І. et al., 2023) [53]. Воно виконувало функції сезонного та частково багаторічного регулювання стоку, забезпечувало водопостачання, зрошення, судноплавство та гідроенергетику (Тимко О., 2021) [54]. Водосховище було ключовим елементом каскаду Дніпровських водосховищ, впливаючи на гідрологічний режим як верхньої, так і нижньої течії річки.

Гідрографічна мережа в зоні Каховського водосховища включала основне русло Дніпра, його притоки (наприклад, Інгулець), а також численні канали, зокрема розподільчий канал Р-1 Каховської зрошувальної системи (Хохлова Д.В., Лукашов Л.К., 2021) [55]. Водосховище також впливало на гідродинаміку Дніпровсько-Бузького лиману та північно-західної частини Чорного моря (Тучковенко Ю. et al., 2024) [56].

Руйнування дамби Каховської ГЕС 6 червня 2023 року спричинило швидке осушення водосховища, втрату близько третини прісноводних запасів України та масштабне затоплення нижче за течією, затоплення охопило території Херсонської та Миколаївської областей, включаючи сільськогосподарські угіддя, ліси, населені пункти та природоохоронні території. Водночас осушення дна

водосховища призвело до оголення значних площ, що раніше перебували під водою, створивши нові виклики, такі як пилення відкладів та зміни в гідрогеологічному режимі.

Основні зміни в гідрографічній мережі після катастрофи включають:

1. Зміна русла та стоку Дніпра. Осушення водосховища повернуло річці більш природний гідрологічний режим у верхній частині, але водночас зменшило об'єм води, доступної для водопостачання та зрошення (Дупляк В.В. et al., 2023) [43].

2. Затоплення нижньої течії. Масштабний вилив води спричинив тимчасове розширення русла Дніпра нижче греблі, затоплення заплавних територій і порушення роботи гідротехнічних споруд (Магась Н.І. et al., 2022) [32].

3. Зміни в гідродинаміці лиманів і Чорного моря. Надходження великої кількості прісної води до Дніпровсько-Бузького лиману змінило циркуляцію вод і солоність у північно-західній частині Чорного моря (Тучковенко et al., 2024) [54].

4. Втрата зрошувальних систем. Каховська зрошувальна система, залежна від водосховища, втратила функціональність, що критично вплинуло на сільське господарство півдня України (Ахтеменко А.В., Лівінський А.І., 2024) [57].

Руйнування Каховської ГЕС спричинило низку екологічних і гідрологічних змін, які вплинули на гідрографічну мережу та водні ресурси регіону:

Затоплення призвело до забруднення поверхневих вод важкими металами, нафтопродуктами та іншими токсикантами, що накопичувалися у відкладах водосховища [58]. Дослідження Войтенка Ю.О. та Свиридової К.С. [31] вказують на погіршення якості води в нижній течії Дніпра, що вплинуло на водозабезпечення населених пунктів, зокрема Нікополя (Гущук І.В. et al., 2025) [59]. Крім того, осушення водосховища змінило гідрохімічний режим, зменшивши вміст розчинного кисню та вплинувши на фітопланктон і зоопланктон (Рудик-Леуська Н.Я. et al., 2022) [42].

Катастрофа порушила екосистеми заплавних лісів, водно-болотних угідь і популяцій птахів (Шупова Т.В., Конякін С.М., 2023) [60]. Осушення дна водосховища відкрило можливості для відновлення природних заплавних

ландшафтів, таких як Великий Луг, але водночас створило загрозу для водних видів, зокрема риб, які залежали від водосховища (Захарченко І.Л., 2014; Дідух Я.П., 2024) [61-62].

Оголення дна водосховища призвело до інтенсивного пилення, що вплинуло на якість повітря та здоров'я населення (Крайник С.В., Савенець М.В., 2024) [40]. Для запобігання цьому пропонується використання фітомеліоративних заходів, таких як висадження рослин для стабілізації ґрунтів (Дмитрієва О.О., 2023) [39].

Осушення водосховища змінило рівень ґрунтових вод у прибережних зонах, що може призвести до активізації техногенних процесів, таких як просідання ґрунтів або ерозія (Рашченко А., 2023) [63]. Це створює ризики для інфраструктури та сільськогосподарських земель.

Руйнування Каховської ГЕС мало катастрофічний вплив на водозабезпечення та сільське господарство. За даними Павелка В.О. та Сапожника Н.І. (2025) [21], втрата водосховища порушила водопостачання міст, таких як Нікополь, де централізоване водопостачання припинилося (Гущук І.В., 2025) [44]. Сільськогосподарський сектор зазнав значних збитків через неможливість зрошення, що позначилося на врожайності та економіці регіону (Манушкіна Т.В., 2024) [64]. Крім того, руйнування греблі призвело до втрати гідроенергетичного потенціалу, що вплинуло на енергетичну безпеку країни (Стефанишин Д, 2024) [65].

Питання відновлення Каховського водосховища залишається дискусійним. Деякі дослідники, такі як Коржов Є.І. та Шляшенко І.Л. (2025) [66], пропонують відбудову гідровузла для відновлення водозабезпечення та зрошення. Інші, зокрема Моїсеєнко І.І. (2023) [53], виступають за збереження природного стану осушених територій для відновлення історичних екосистем, таких як Великий Луг. Пропозиції щодо адаптації включають:

1. висадження рослин для стабілізації осушених ділянок і запобігання пиленню.

2. впровадження сучасних технологій для відновлення водозабезпечення постраждалих територій.

3. використання аерокосмічних методів для оцінки стану осушених територій та якості води.

Руйнування Каховської ГЕС 6 червня 2023 року спричинило значні зміни в гідрографічній мережі басейну Дніпра, порушивши водозабезпечення, зрошення, гідроенергетику та екосистеми півдня України. Осушення Каховського водосховища та затоплення прилеглих територій призвели до забруднення вод, втрати біорізноманіття, пилення відкладів і гідрогеологічних змін. Ці наслідки вимагають комплексного підходу до відновлення, включаючи фітомеліорацію, модернізацію водопостачання та екологічний моніторинг. Аналіз літератури підкреслює необхідність збалансованого використання водних ресурсів у повоєнний період, враховуючи як економічні, так і екологічні аспекти.

2.2. Методи відбору личинок кровосисних комарів

Наші дослідження фауни розвитку кровосисних комарів проводились в 2024 – 2025 р. в водоймах заплави річки Дніпро в районі Домахи – зона впливу верхів'я Каховського водосховища. Збір личинок кровосисних комарів здійснювали водним сачком (рис. 2.1.) згідно загальноприйнятих методик [11-12].



Рисунок 2.1 – Водний сачок для відбору личинок кровосисних комарів

Для аналізу фауни кровосисних комарів на досліджуваній території необхідно зібрати достатню кількість матеріалу в різних природних умовах протягом усього активного сезону.

Дослідження проводяться на контрольних водоймах з періодичністю раз на 10 днів упродовж малярійного сезону. Збір проб здійснюється у водоймах різного типу: у невеликих водоймах проби відбирають через кожні 10 метрів, тоді як у великих водоймах обстежують ділянки, що відрізняються за типом водної рослинності та рівнем освітленості. На кожній такій ділянці відбирають від 5 до 10 проб. Підхід до водойми здійснюється обережно, з освітленої сторони, уникаючи зайвого шуму.

Оптимальний час для відбору проб – з 6:00 до 12:00 ранку, коли личинки комарів зосереджуються на поверхні води. Погодні умови, такі як дощ, сильний вітер або різке зниження температури, можуть зменшувати кількість зібраних личинок, оскільки вони опускаються на дно. Для збору проб використовують сачок, який занурюють у воду на ділянці довжиною 1 метр, після чого швидко повертають і проводять у зворотному напрямку на невеликій глибині проти течії, створеної рухом сачка. Вміст сачка переміщують у емальовану кювету, звідки личинки та лялечки відбирають піпеткою і поміщають у пеніцилінові флакони.

Фіксацію проб проводять за допомогою 96% спирту у співвідношенні 2 частини спирту до 1 частини проби. У польових умовах для зручності використовують клейку стрічку, якою закріплюють кришку флакона та позначають номер проби й дату збору.

Для оцінки чисельності личинок та лялечок на 1 м² отриманий показник множать на 5. У водоймах із глибиною менше 25 см проби відбирають за допомогою невеликих фотокювет або чашок Петрі. Перерахунок чисельності на 1 м² здійснюють, враховуючи площу посуду. Наприклад, фотокювета розміром 13×18 см має площу верхньої поверхні приблизно 400 см², тому середню кількість особин множать на 25 для перерахунку на 1 м². Середньомісячні показники чисельності розраховують як середнє арифметичне даних, отриманих у певній точці, а середньосезонні – на основі середньомісячних даних. Контрольні

водойми вважаються правильно підібраними, якщо чисельність личинок у них удвічі перевищує сумарну чисельність дорослих комарів у всіх типах приміщень.

Статистичну обробку отриманих даних проводили методом обчислення середньої арифметичної, помилки середньої арифметичної, середнього квадратичного відхилення за допомогою пакету аналізу даних програми Microsoft Excel 2003 і проведені за такими формулами:

Середнє значення (2.1)

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \qquad (2.1)$$

де x – середнє значення;

Σ x_i – сума варіант;

n – число варіант у виборці.

Середнє квадратичне відхилення (2.2)

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \qquad (2.2)$$

де S_x – середнє відхилення;

x – середнє значення;

x_i – значення варіанта;

n – загальне число варіантів;

$\sum$ – сума.

Похибка середнього значення (2.3)

$$S\bar{x} = \frac{S}{\sqrt{n-1}} \quad (2.3)$$

де Sx – похибка середнього;

n – загальне число варіантів.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Руйнування Каховської ГЕС 6 червня 2023 року спричинило масштабну екологічну катастрофу, що кардинально змінило водні біотопи в зоні впливу Каховського водосховища. Ці зміни вплинули на середовища розвитку личинок кровосисних комарів, що має значення для екологічного моніторингу та оцінки епідеміологічних ризиків.

До руйнування Каховської ГЕС Каховське водосховище було одним із найбільших у Європі, з площею 2155 км² та об’ємом 18 км³ (таблиця 3.1.) Воно забезпечувало стабільні умови для розвитку личинок комарів, зокрема родів *Anopheles* і *Culex*, які віддають перевагу постійним водоймам.

Таблиця 3.1 – Характеристики біотопів розвитку кровосисних комарів до руйнування греблі (2018–2023) Каховської ГЕС

Тип водойми	Гідрологічні параметри			Вища водна рослинність
	Площа (км²)	Глибина (м)	Температура води (°C)	
Постійні	2155	1–26	0–25	Занурені, плаваючі, вологолюбні
Періодично існуючі	500	0,5–5	0–25	Вологолюбні (очерет, осока)
Тимчасові	10–100	0,1–1	0–30	Водорості, однорічні рослини

Періодично існуючі водойми, такі як сезонні затоплення уздовж берегів, і тимчасові водойми, що утворювалися після дощів, також створювали біотопи для видів *Aedes*. Водна рослинність була різноманітною, включаючи занурені, плаваючі та вологолюбні рослини, що підтримували екосистемну стабільність. До руйнування греблі Каховське водосховище підтримувало різноманітну водну рослинність, включаючи занурені (*Ceratophyllum demersum, Myriophyllum spicatum*) та плаваючі види (*Nymphaea alba, Nuphar lutea*), які процвітали в

глибоких, стабільних водоймах. Прибережні зарості очерету (*Phragmites australis*) і рогозу (*Typha spp.*) створювали сприятливі умови для комарів і птахів.

	
А – Каховське водосховище	б – річка Дніпро

Рисунок 3.1 – Постійні водойми - місця виплоду кровосисних комарів родів *Anopheles* і *Culex*, до і після руйнування греблі Каховської ГЕС

	
а – до руйнування греблі	б – після руйнування греблі

Рисунок 3.2 – Періодично існуючі водойми – місця виплоду кровосисних комарів *Aedes* до і після руйнування греблі Каховської ГЕС

	
а – до руйнування греблі	б – після руйнування греблі

Рисунок 3.3 – Тимчасові водойми – місця виплоду кровосисних комарів *Aedes* і *Culex.*

Осушення водосховища після руйнування призвело до зникнення більшості глибоководних видів (*Nymphaea alba, Trapa natans*), тоді як вологолюбні види, такі як верби (*Salix spp*.), стали домінуючими на заболочених ділянках. Зростання інвазивних видів (*Ambrosia artemisiifolia, Heracleum sosnowskyi*) вказує на деградацію природних екосистем і потребу в контролі.

Каховське водосховище було основним біотопом розвитку кровосисних комарів, з середньою глибиною 8,4 м і максимальною до 26 м. Температура води коливається залежно від сезону, підтримуючи стабільні умови для личинок *Anopheles* і *Culex*. Періодично існуючі водойми: сезонні затоплення уздовж берегів, створювали біотопи для видів, що адаптовані до змінного рівня води. Тимчасові водойми. Невеликі водойми після дощів були сприятливими для *Aedes*, які відкладають яйця на вологий ґрунт.

Руйнування греблі призвело до осушення значної частини водосховища, залишивши відкритими 1944 км² дна (табл. 3.2.). Це кардинально змінило гідрологічний режим регіону, зменшивши площу постійних водойм і збільшивши кількість періодичних і тимчасових водойм.

Таблиця 3.2 – Характеристики біотопів розвитку кровосисних комарів після руйнування греблі (2023-2025)

Тип водойми	Гідрологічні параметри			Вища водна рослинність
	Площа (км²)	Глибина (м)	Температура води (°C)	
Постійні (річка Дніпро)	100	1–10	0–25	Річкова рослинність (очерет, осока)
Періодично існуючі	1000	0,5–5 (при затопленні)	0–25	Вологолюбні, можливо більш різноманітні
Тимчасові	50–200	0,1–1	0–30	Однорічні рослини, водорості

Річка Дніпро залишилася основною постійною водоймою, але її характеристики змінилися через втрату регулювання греблею. Нові сезонні затоплення та тимчасові водойми створили сприятливі умови для видів *Aedes*, тоді як водна рослинність зазнала трансформації, з появою вологолюбних видів, таких як верби, на осушених територіях.

Річка Дніпро стала основною постійною водоймою після осушення водосховища, її площа зменшилася порівняно з водосховищем, а глибина варіюється залежно від ділянки. Збільшення площі періодично існуючих, сезонних водойм (до 1000 км²) пов’язане з новим гідрологічним режимом, що сприяє розвитку вологолюбних рослин. В той же час, спостерігаємо збільшення кількості тимчасових водойм (50–200 км²) через опади та сезонні паводки, що створює нові біотопи для *Aedes*.

До руйнування греблі Каховської ГЕС постійні водойми (рис. 3.1.), такі як Каховське водосховище, забезпечували стабільні умови для розвитку личинок *Anopheles* і *Culex*. Періодичні та тимчасові водойми (рис. 3.2-.3.3.) підтримували популяції *Aedes*, але їхня роль була менш значущою.

Після руйнування відбулося зменшення постійних водойм, що призвело до зменшення чисельність *Anopheles і Culex*, тоді як зростання кількості періодичних і тимчасових водойм сприяє розмноженню *Aedes*. Зміни водної рослинності та якості води (зокрема через забруднення важкими металами) можуть впливати на виживання личинок.

Руйнування греблі спричинило значні екологічні зміни, включаючи втрату водних біотопів, забруднення важкими металами та зміну гідрологічного режиму. Ці зміни можуть призвести до зростання чисельності комарів-переносників хвороб, таких як дірофіляріоз, у нових тимчасових водоймах. Моніторинг біотопів і популяцій комарів є критично важливим для оцінки ризиків для здоров'я населення та розробки заходів контролю.

До 2023 року регіон характеризувався великими постійними водоймами, які підтримували стабільні популяцій кровосисних комарів. Після руйнування зросла кількість періодичних і тимчасових водойм, що сприяє розмноженню видів роду *Aedes* і зміні видового складу комарів. Ці зміни потребують ретельного моніторингу для управління екологічними та епідеміологічними ризиками.

Руйнування греблі Каховської ГЕС спричинило значні зміни в гідрологічному режимі зони впливу верхів'я Каховського водосховища, вплинувши на видовий склад і масовість кровосисних комарів. У таблиці 2.3 представлено видовий склад і масовість 27 видів комарів за періоди 2018–2023 та 2024–2025 роки, з урахуванням даних зони впливу верхів'я Каховського водосховища (2014–2018) та екологічних змін після руйнування греблі. Масовість оцінювали за умовною шкалою: масові (+++), звичайні (++), рідкі (+), відсутні (–).

Зростання періодичних і тимчасових водойм (до 1000 км² і 50–200 км² відповідно) сприяло підвищенню масовості кровосисних комарів роду *Aedes* (наприклад, *Ae. caspius, Ae. cantans, Ae. excrucians, Ae. cinereus*, *Ae. vexans*). Види родів *Anopheles, Culiseta* і *Mansonia* зазнали скорочення через зменшення постійних водойм. *Culex pipiens* зберіг високу масовість завдяки адаптації до забруднених водойм. Нові тимчасові водойми з однорічними рослинами та

вербами стали основними розвитку личинок кровосисних комарів роду *Aedes.* Річка Дніпро та залишки постійних водойм підтримують чисельність малярійних та звичайних комарів.

Стабільні постійні водойми сприяли високій чисельності *Anopheles maculipennis, Mansonia richiardii і Culex pipiens,* які є потенційними переносниками малярії та вірусу Західного Нілу. *Aedes vexans* був поширеним у тимчасових водоймах, підвищуючи ризик дірофіляріозу.

Зростання чисельності комарів роду *Aedes* (зокрема *Ae. caspius, Ae. vexans*) після руйнування греблі та через появу нових тимчасових водойм може посилити епідеміологічні ризики, пов'язані з дірофіляріозом.

Culex pipiens – синатропний вид, залишається небезпечним через адаптацію до забруднених водойм, що зросли після повені. Скорочення комарів роду *Mansonia* і деяких *Anopheles* може знизити ризик малярії, але потребує підтвердження.

Таблиця 3.3 – Зміни видового складу і масовості кровосисних комарів у зоні впливу верхів'я Каховського водосховища (2018–2025 роки)

№ п/п	Види кровосисних комарів	2018 -2023	2023-2025	Основний біотоп розвитку личинок
1	Anopheles maculipennis Mg.	м	м	Постійні водойми
2	An. claviger Mg.	з	в	Постійні водойми
3	An. plumbeus Steph.	р	р	Дупла дерев, постійні вод-ми
4	An. hyrcanus Pall.	р	р	Постійні водойми
5	An. algeriensis Theob.	з	з	Постійні водойми
6	Culiseta annulata Schr.	з	з	Постійні водойми
7	Cs. longiareolata Macq.	з	р	Постійні водойми
8	Cs. morsitans Theob.	р	р	Постійні водойми
9	Cs. alaskensis Ludl.	р	в	Постійні водойми
10	Mansonia richiardii Fic.	р	р	Постійні водойми з рослинністю

№ п/п	Види кровосисних комарів	2018 -2023	2023-2025	Основний біотоп розвитку личинок
11	Aedes caspius Pall.	м	р	Засолені, періодичні водойми
12	Ae. annulipes Mg.	м	м	Періодичні водойми
13	Ae. pulchritarsis Rond.	з	з	Періодичні водойми
14	Ae. geniculatus Oliv.	р	р	Дупла дерев, тимчас. вод-ми
15	Ae. cantans Mg.	з	з	Періодичні, тимчасові вод-ми
16	Ae. behningi Mart.	р	в	Періодичні водойми
17	Ae. flavescens Mull.	з	з	Періодичні водойми
18	Ae. excrucians Walk.	р	в	Періодичні, тимчасові водойми
19	Ae. intrudens Dyar	р	в	Тимчасові водойми
20	Ae. leucomelas Mg.	р	в	Тимчасові водойми
21	Ae. cinereus Mg.	р	р	Тимчасові водойми
22	Ae. vexans Mg.	м	м	Тимчасові водойми
23	Culex pipiens L.	м	м	Постійні, забруднені водойми
24	Cx. modestus Fic.	м	р	Постійні водойми
25	Cx. apicalis (territans) Walk.	м	з	Постійні водойми
26	Cx. theileria Theob.	з	з	Постійні водойми
27	Cx. torrentium Mart.	р	р	Постійні водойми

Для візуалізації змін, види комарів ми згрупували за родами. Тож, кількість видів у кожному році: *Anopheles* (5 видів), *Culiseta* (4 види), *Mansonia* (1 вид), *Aedes* (12 видів), *Culex* (5 видів) (рис. 3.4).

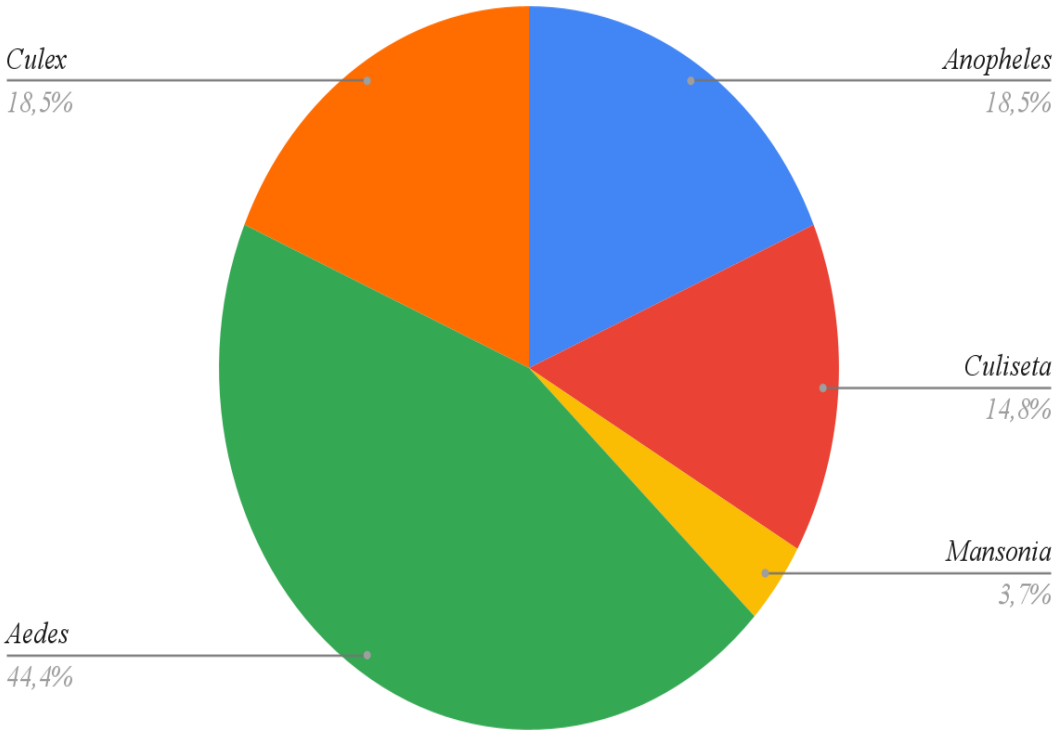


Рисунок 3.4 – Співвідношення видів 5 родів кровосисних комарів в зоні впливу верхівя Каховського водосховища в 2018-2025 роках

Кожен рід характеризується кількістю видів, що відображає відмінності у видовій різноманітності серед цих груп комарів. Зокрема, *Aedes* вирізняється найбільшою кількістю видів, тоді як *Mansonia* має найменшу. Багато видів у межах цих родів є відомими переносниками збудників захворювань, таких як малярія, лихоманка Денге та вірус Західного Нілу, що підкреслює їхнє значення для громадського здоров'я та екології векторів.

Для кожного роду ми обчислили середню масовість шляхом переведення якісних показників у числові: «м» = 3, «з» = 2, «р» = 1, «в» = 0.5. Середня масовість роду = сума масовостей видів / кількість видів (табл. 3.4., рис 3.3).

Руйнування Каховської ГЕС змінило біотопи верхів'я Каховського водосховища, зберігши видовий склад (27 видів), але вплинувши на масовість комарів.

Таблиця 3.4 – Розрахунок середньої масовості кровосисних комарів (за родами) після руйнування греблі Каховської ГЕС

До руйнування (2018–2023):	Після руйнування (2023–2025):
Anopheles: (3 + 2 + 1 + 1 + 2) / 5 = 1.8	*Anopheles:* (3 + 0.5 + 1 + 1 + 2) / 5 = 1.5
Culiseta: (2 + 2 + 1 + 1) / 4 = 1.5	*Culiseta:* (2 + 1 + 1 + 0.5) / 4 = 1.125
Mansonia: 1 / 1 = 1	*Mansonia:* 1 / 1 = 1
Aedes: (3 + 3 + 2 + 1 + 2 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 3) / 12 = 1.75	*Aedes:* (1 + 3 + 2 + 1 + 2 + 0.5 + 2 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 1 + 3) / 12 = 1.375
Culex: (3 + 3 + 3 + 2 + 1) / 5 = 2.4	*Culex:* (3 + 1 + 2 + 2 + 1) / 5 = 1.8

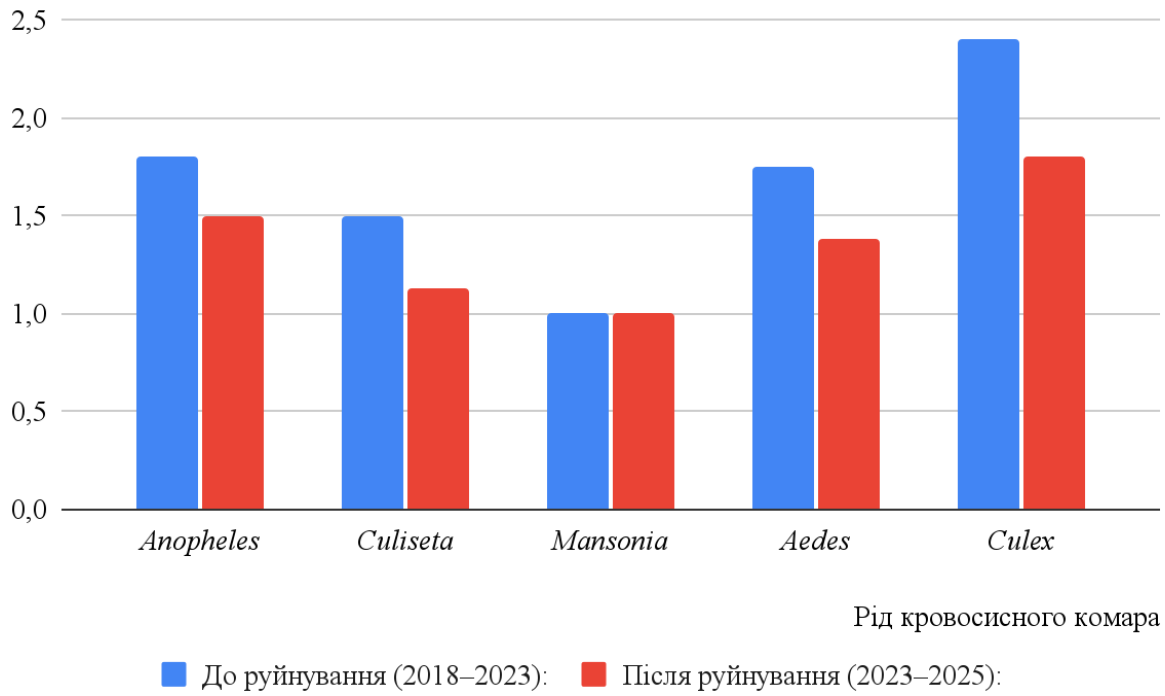


Рисунок 3.5 – Зміна середньої масовості кровосисних комарів (за родами) після руйнування греблі Каховської ГЕС

До 2023 року переважали види, залежні від постійних водойм (роди *Anopheles, Mansonia, Culex*), тоді як після руйнування зросла чисельність кровосисних комарів роду *Aedes* через нові тимчасові водойми. Зміна вищої

водної рослинності впливає на біотопи комарів, зокрема сприяючи розвитку *Aedes* у тимчасових водоймах, тоді як зменшення зануреної рослинності може обмежити чисельність *Mansonia*. Це підвищує епідеміологічні ризики, зокрема щодо дирофіляріозу.

Екологічні зміни, включаючи забруднення та трансформацію рослинності, підвищили ризик дирофіляріозу через *Aedes* та вірусу Західного Нілу через *Culex pipiens*. Скорочення *Mansonia* і деяких *Anopheles* може зменшити ризик малярії, але потребує верифікації.

Результати наголошують на необхідності постійного моніторингу та розробки стратегій контролю (біологічні агенти, управління водоймами) для мінімізації екологічних і епідеміологічних ризиків у змінених умовах, з урахуванням даних моніторингу інвазійних комарів в Європі.

На карті (рис. 3.6.) показано поточне відоме поширення інвазійних комарів Aedes (*Ae. aegypti, Ae. albopictus, Ae. atropalpus, Ae. japonicus* та *Ae. koreicus*) у Європі на «регіональному» адміністративному рівні. [Європейський центр профілактики та контролю захворювань та Європейське агентство з безпеки харчових продуктів. Карти комарів. Стокгольм: ECDC; 2025. Доступно https://surl.li/stdcze

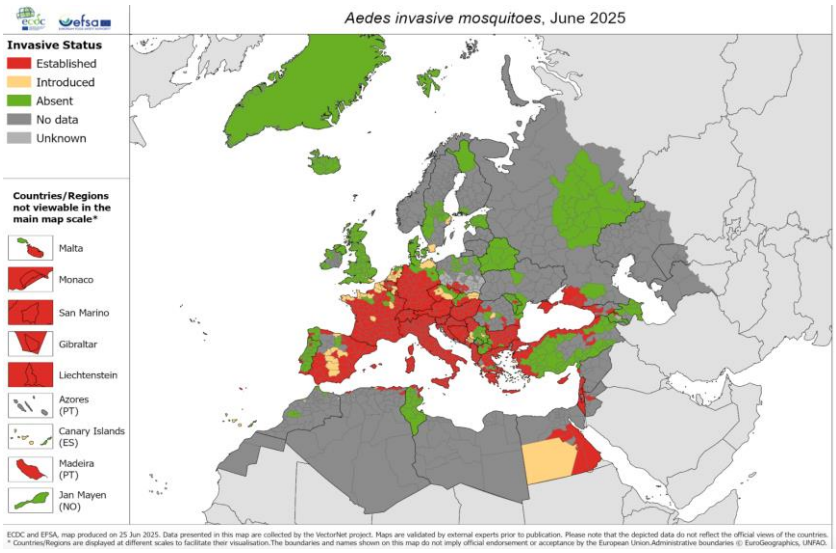


Рисунок 3.6 – Поточне відоме поширення інвазійних комарів Aedes у Європі на «регіональному» адміністративному рівні станом на червень 2025 року https://surl.li/stdcze

З початку 2025 року і станом на 30 липня 2025 року 5 країн Європи повідомили про випадки захворювання людей на вірус Західного Нілу https://wnv-weekly.ecdc.europa.eu/#fn1 : Болгарія , Франція , Греція , Італія та Румунія. На 31-му тижні вперше за сезон передачі 2025 року було зареєстровано місцеві випадки інфекцій вірусу Західного Нілу у людей у Болгарії (в одному регіоні) та Франції (в одному регіоні). Греція повідомила про випадки інфекцій вірусу Західного Нілу у людей у трьох нових регіонах, Італія – у семи нових регіонах, а Румунія – в одному новому регіоні порівняно з попереднім тижнем. Найбільшу кількість випадків (43) було зареєстровано в провінції Латина в Італії (рис. 3.7).

У контексті своєї діяльності «Єдине здоров’я» Європейський центр профілактики та контролю захворювань (ECDC) та Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (EFSA) проводять спільний нагляд за інфекціями вірусу Західного Нілу (ВЗН) у людей, конячих та птахів, а також оцінюють епідеміологічну ситуацію в Європі. Ця ініціатива має на меті інформувати органи охорони здоров’я та ветеринарії в Європі, сприяючи впровадженню заходів профілактики та контролю. Ці заходи включають відсторонення від здавання або тестування донорів крові, які потенційно зазнали впливу вірусу, відповідно до директив Комісії 2004/33/ЄС та 2014/110/ЄС .

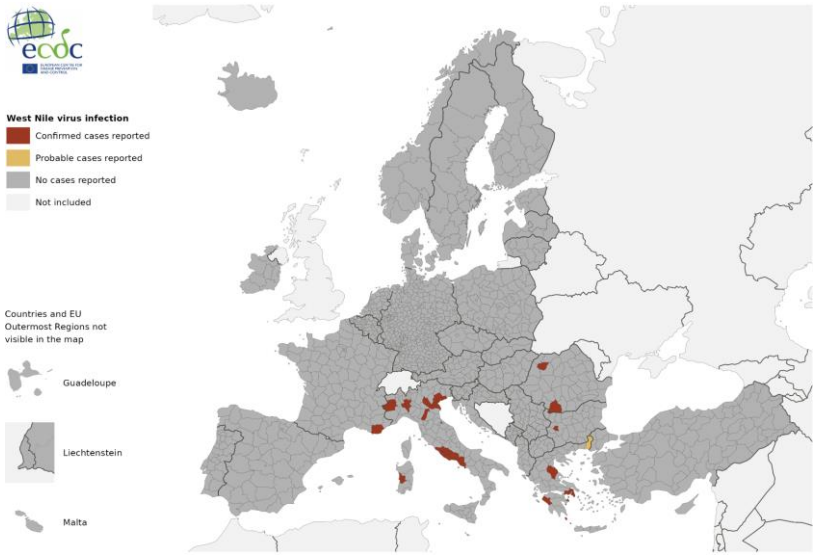


Рисунок 3.7 – Розподіл випадків локального зараження людей вірусом Західного Нілу у 2025 році до 30 липня 2025 року

Таким чином, руйнування Каховської ГЕС 6 червня 2023 року спричинило масштабну екологічну катастрофу, що кардинально змінило біотопи верхів'я Каховського водосховища та вплинуло на видовий склад і масовість кровосисних комарів. Дослідження зосереджено на оцінці гідрологічних характеристик біотопів, видового складу, масовості комарів та їхньої екологічної й епідеміологічної значущості до (2018–2023) та після (2023–2025) руйнування.

До катастрофи Каховське водосховище (2155 км², глибина 1–26 м) забезпечувало стабільні умови для личинок *Anopheles, Culex* і *Mansonia* у постійних водоймах із різноманітною рослинністю (*Ceratophyllum demersum*, *Nymphaea alba*, *Phragmites australis*). Періодичні (500 км²) та тимчасові (10–100 км²) водойми підтримували *Aedes*. Після руйнування осушення 1944 км² водосховища зменшило постійні водойми (~100 км², річка Дніпро), але збільшило періодичні (1000 км²) і тимчасові (50–200 км²) водойми. Водна рослинність трансформувалася: зникли глибоководні види (*Nymphaea alba, Trapa natans*), натомість домінують вологолюбні (*Salix spp., Carex acutiformis*) та інвазивні види (*Ambrosia artemisiifolia*, *Heracleum sosnowskyi*).

Видовий склад кровосисних комарів залишився стабільним, але масовість змінилася. До 2023 року домінували *Anopheles maculipennis, Culex pipiens* і *Aedes vexans*, після – зросла масовість *Aedes* (*Ae. caspius*, *Ae. annulipes*, *Ae. cantans*) через нові тимчасові водойми. Середня масовість родів знизилася: *Anopheles* (1.8→1.5), *Culiseta* (1.5→1.125), *Culex* (2.4→1.8), *Aedes* (1.75→1.375), *Mansonia* залишилася низькочисельною. Зміни масовості відбулися через зростання ролі *Aedes* і скорочення *Anopheles* та *Culiseta*.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці, відповідно до статті 1 Закону України «Про охорону праці», є комплексом правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки, збереження здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності. Основна мета охорони праці полягає у створенні безпечних умов на робочих місцях, безпечній експлуатації обладнання, мінімізації або повному усуненні впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що сприяє зниженню рівня виробничого травматизму та професійних захворювань [67-70].

Польові дослідження паразитичних членистоногих, зокрема кровосисних комарів, проводилися в умовах воєнного стану в Україні, що ускладнює організацію безпечної роботи. Оскільки ці комахи є резервуарами та переносниками збудників небезпечних захворювань, необхідно дотримуватися суворих запобіжних заходів. Техніка безпеки передбачає використання щільного захисного одягу, який запобігає контакту комах із відкритими ділянками тіла. У разі укусів комахами (наприклад, бджолами) необхідно негайно видалити жало та обробити рану дезінфікуючими засобами, такими як перекис водню, нашатирний спирт або розчин борної кислоти (1 ч. л. на 200 мл води). Для зменшення набряку рекомендується прикладати холодний компрес. Свербіж від укусів кровосисних комарів можна полегшити розчином соди (1 ч. л. на 200 мл води) або нашатирним спиртом [71-72]. У разі перегріву на сонці, що супроводжується слабкістю, нудотою, головним болем або втратою свідомості, постраждалого слід перенести в прохолодне місце, обернути вологим простирадлом і прикладати холодні компреси до голови. При блідості шкіри постраждалого укладають горизонтально без подушки, при почервонінні – у напівсидяче положення. У разі непритомності необхідно забезпечити доступ повітря, розстебнувши одяг, і дати понюхати нашатирний спирт. Після відновлення свідомості рекомендується дати міцний чай

або валеріанові краплі (15–20 крапель) [73].

Обробка зібраного матеріалу проводилася в лабораторії з обмеженим доступом сторонніх осіб. Робочий одяг для польових робіт обирався легким, щільним і добре підігнаним, щоб унеможливити проникнення паразитів.

Після роботи інструменти та руки оброблялися 70% етиловим спиртом, який використовувався також для фіксації ектопаразитів. Спирт є легкозаймистою речовиною, що утворює вибухонебезпечні суміші з повітрям, тому потребує обережного поводження. Вдихання його парів може викликати хронічне отруєння, що проявляється у вигляді шлункових розладів, уражень печінки, нирок або серцево-судинної системи. Гідролізний спирт містить домішки, зокрема метиловий спирт (3–12,5 г/л), що посилює токсичність. Гранично допустима концентрація (ГДК) парів спирту в повітрі становить 1000 мг/м³ [72].

Для виготовлення постійних препаратів ектопаразитів використовувався ксилол, який надходить в організм через дихальні шляхи. Легкі форми отруєння ксилолом проявляються головним болем, дратівливістю, слабкістю або порушенням сну. Тривалий контакт із ксилолом може викликати дерматити, почервоніння та пухирчасті висипання на шкірі. ГДК ксилолу в робочому приміщенні становить 50 мг/м³. Для запобігання отруєнням використовуються вентиляційні системи та засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) [73].

До роботи з інсектицидами не допускаються особи віком до 18 років, вагітні, жінки, які годують груддю, особи в стані алкогольного сп’яніння, а також ті, хто має органічні ураження центральної нервової системи, психічні захворювання, епілепсію, ендокринні розлади, активний туберкульоз, хронічні захворювання дихальних шляхів, печінки, нирок, травного тракту, шкіри або серцево-судинної системи, що ускладнюють використання респіраторів [70].

Визначення видової належності кровосисних комарів проводилося під мікроскопом при освітленні 300–400 люкс. У лабораторії забезпечено наявність вогнегасників. У разі пожежі застосовуються методи охолодження горючих речовин, ізоляції від кисню або використання хімічних засобів (вода, піна, порошки, вуглекислота). При аварійних ситуаціях джерело небезпеки ізолюється,

викликається керівник або лаборант, а для гасіння використовуються вуглекислотні чи порошкові вогнегасники. Усі працівники повинні бути ознайомлені з розташуванням засобів пожежогасіння та вміти надавати першу допомогу в екстремальних ситуаціях [74].

Охорона праці під час паразитологічних досліджень в умовах війни в Україні вимагає суворого дотримання техніки безпеки через підвищені ризики, пов’язані з польовими та лабораторними роботами. Використання захисного одягу, дезінфікуючих засобів, вентиляційних систем і ЗІЗ мінімізує вплив небезпечних факторів, таких як укуси комах, отруєння хімічними речовинами та пожежі. Особлива увага приділяється протипоказанням до роботи з інсектицидами та готовності до реагування на аварійні ситуації, що є критично важливим в умовах воєнного часу.

ВИСНОВКИ

1. До руйнування Каховської ГЕС (2018–2023) основним біотопом розвитку личинок комарів була зона впливу Каховського водосховища площею 2155 км² з глибиною від 1 до 26 м, що створювало стабільні умови для видів, які надають перевагу постійним водоймам, таких як *Anopheles*, *Culex* та *Mansonia*. Після руйнування (2023–2025) площа постійних водойм скоротилася до ~100 км² (річка Дніпро), натомість з'явилися періодичні водойми площею 1000 км² та тимчасові водойми площею 50–200 км², що сприяло розвитку личинок *Aedes*.

2. Руйнування греблі спричинило осушення 1944 км² Каховського водосховища, що кардинально змінило гідрологічний режим регіону. Кількість постійних водойм значно зменшилася, тоді як зросла кількість періодичних і тимчасових водойм, утворених сезонними паводками та опадами. Водна рослинність трансформувалася: зникли глибоководні види (*Nymphaea alba*, *Trapa natans*), натомість поширилися вологолюбні (*Salix spp.*, *Carex acutiformis*) та інвазивні види (*Ambrosia artemisiifolia*, *Heracleum sosnowskyi*), що вказує на деградацію екосистем.

3. Видовий склад комарів залишився стабільним і налічує 27 видів, однак їхня масовість зазнала змін. До руйнування переважали *Anopheles maculipennis*, *Culex pipiens* та *Aedes vexans*. Після руйнування чисельність *Aedes* зросла завдяки появі тимчасових водойм, тоді як чисельність *Anopheles*, *Culiseta* і *Mansonia* зменшилася через втрату біотопів їх розвитку. Середня масовість родів змінилася: *Anopheles* (з 1.8 до 1.5), *Culiseta* (з 1.5 до 1.125), *Culex* (з 2.4 до 1.8), *Aedes* (з 1.75 до 1.375), *Mansonia* залишилася низькочисельною (1).

4. Для зниження екологічних та епідеміологічних ризиків рекомендовано:

– впровадити регулярний моніторинг популяцій комарів, особливо *Aedes* і *Culex*, для раннього виявлення сплесків чисельності;

– використовувати біологічні агенти, такі як *Bacillus thuringiensis*, для контролю личинок у тимчасових і періодичних водоймах;

– здійснювати управління водоймами (дренаж, осушення) для зменшення кількості тимчасових біотопів, сприятливих для *Aedes*;

– розробити інтегровані стратегії, що поєднують моніторинг кліматичних умов, управління біотопами та застосування інсектицидів у критичних зонах.

Ці заходи сприятимуть мінімізації ризиків для здоров’я населення, пов’язаних із поширенням комарів-переносників хвороб, таких як дірофіляріоз і вірус Західного Нілу, в умовах зміненого середовища.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Прогнозування чисельності комарів у майбутньому є важливим завданням для екологічного моніторингу та контролю трансмісивних захворювань, таких як малярія, денге чи вірус Західного Нілу. Зміни клімату, антропогенний вплив (через відновлення греблі) та екологічні фактори суттєво впливають на популяції комарів, що потребує розробки точних і адаптивних моделей. Для створення прогнозних моделей необхідно врахувати основні фактори, які визначають динаміку популяцій комарів:

1. Кліматичні умови (температура: оптимальний діапазон для розвитку комарів становить 20–30°C, вищі температури прискорюють життєвий цикл, але екстремальна спека може бути шкідливою; опади: збільшення опадів сприяє появі нових водойм, що є ідеальними місцями для розмноження, особливо для видів роду *Aedes;* вологість: висока вологість підвищує виживаність дорослих комарів).

2. Зміни у використанні земель (штучні водойми в містах (калюжі, канали) сприяють розмноженню синантропних видів, таких як *Culex pipiens,* а зміна природних ландшафтів може створювати нові середовища для комарів, які віддають перевагу відкритим просторам).

3. Екологічні фактори (наявність водойм - постійні та тимчасові водойми є основними місцями виплоду комарів; вища водна рослинність впливає на розвиток личинок, наприклад, для видів роду *Mansonia).*

4. Антропогенні впливи (забруднення сприяє розвитку кровосисних комарів роду *Culex*, тоді як чисті водойми є сприятливими для малярійних комарів; заходи контролю: інсектициди та біологічні агенти (наприклад, *Bacillus thuringiensis*) можуть знижувати чисельність популяцій).

Для створення моделей необхідні наступні дані: історичні погодні дані (температура, опади, вологість); карти використання земель (урбанізація, вирубка лісів); дані про чисельність комарів і поширення захворювань; інформація про конкретні види комарів, оскільки їхні екологічні вимоги різняться.

Для прогнозування чисельності комарів можна використовувати різні методи, залежно від цілей і доступних даних:

1. Аналіз часових рядів. Використовують моделі типу ARIMA (авторегресійна інтегрована модель ковзного середнього). Їх застосовують для аналізу історичних даних про чисельність комарів для прогнозування короткострокових трендів. Перевагою цього методу є простота реалізації для одновимірних даних.

2. Машинне навчання. Для цього використовують алгоритми, такі як випадкові ліси (Random Forest) або нейронні мережі. Їх застосовують для врахування складних взаємозв'язків між факторами (температура, опади, урбанізація). Перевагою є висока точність при достатній кількості даних.

3. Просторові моделі, які аналізують клітинні автомати або геостатистичні моделі. За їх допомогою відбувається прогнозування географічного розподілу комарів з урахуванням просторових змін і є можливість моделювати поширення комарів у просторі.

Моделі дозволяють оцінити чисельність комарів за різних умов:

1. Зміни клімату. Підвищення температури на 1–2°C може збільшити чисельність комарів у помірних широтах, особливо для видів *Aedes caspius* і *Aedes vexans.* Зростання частоти опадів сприяють появі тимчасових водойм, що підвищить популяцію кровосисних комарів цього роду.

2. Розширення міст може призвести до зростання чисельності синантропних видів *Culex pipiens* через наявність штучних водойм. Це потребуватиме посилення заходів контролю в міських районах.

3. Використання біологічних агентів (*Bacillus thuringiensis*) може знизити чисельність личинок, а інтегровані стратегії (інсектициди, осушення водойм) допоможуть стабілізувати популяції.

Прогнозні моделі чисельності комарів базуються на комплексному аналізі кліматичних, екологічних і антропогенних факторів. Аналіз часових рядів підходить для короткострокових прогнозів, машинне навчання для складних взаємозв'язків, а просторові моделі для географічного розподілу. Такі моделі є

ключовими для планування стратегій контролю популяцій комарів і запобігання епідеміям у контексті кліматичних змін і урбанізації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пахомов О. Є., Горбань В. В., Воронова Н. В.. Еколого-біологічні особливості існування Aedes vexans (Diptera, Culicidae) в умовах заплавних дібров степового Придніпров'я. Дніпропетровськ: ДНУ, 2015. 224 с.

2. Воронова Н. В. Екологія личинок Culicidae, Diptera верхів'я Каховського водосховища: автореф. на здобуття вченого ступеня к.б.н.: 03.00.16 «Екологія». Дніпропетровськ. 2000. 22 с.

3. Евлахова В. Ф., Сербиненко Г. А., Потапов Н. І. Зміни чисельності та видового складу кровосисних двокрилих комах у долині нижнього Дніпра після утворення Каховського водосховища. Проблеми паразитології. Київ : 1961. No 1. С. 309-316.

4. Чорнобров О. Ю., Соломаха В. А., Соломаха І. В., Саблук В. Т., Гументик М. Я., Шевчи, В. Л. Відтворення полезахисних лісосмуг, пошкоджених внаслідок військових дій, у зоні Лісостепу України. Київ : Агроекологічний журнал. 4. 2024. С. 81–91. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317154.

5. Результати проведення міжнародної науково-практичної конференції «Катастрофа Каховського водосховища: рік «післязавтра» і перспектива майбутнього». Мальчикова Д.С., Пилипенко І.О., С.В. Сімченко. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Випуск 20. Серія Географічні науки. Херсонський державний університет.* 2024. С.7-12. DOI: https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2024-20-1

6. Воронова Н. В., Горбань В. В., Лугінін М. С. Роль кровосисних членистоногих у циркуляції збудників трансмісивних захворювань у степовому Придніпров'ї. Тези наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. Запоріжжя: ЗНУ, 2017. С. 11-12.

7. Воронова Н. В., Горбань В. В., Лугінін М. С. Роль кровосисних комарів та кліщів у перенесенні збудників трансмісивних природно - вогнещневих хвороб у

Запорізькій області. Тези 55 науково-практичної конференція робітників санітарно-епідеміологічної служби. Запоріжжя : Запорізька облСЕС, 2015. С. 8-9.

8. Воронова Н. В., Горбань В. В., Лугінін М. С. Взаємозв'язки у природних вогнищах трансмісивних хвороб в умовах степового Придніпров'я. Тези міжнародної конференція молодих вчених. *Екологічні дослідження у промислових регіонах України.* Дніпропетровськ, 2005.С. 143.

9. Турченко Л. М. Екологічна характеристика місць виплоду кровосисних комарів у Київському водоймищі та прилеглих водойм. Паразити, паразитози та шляхи їх ліквідації. Київ. 1973. Вип. 2. С. 112-117.

10. Pratt H. D., Moore C. G. Mosquitoes of public health importance and their control. Gainesville: Sandhill Crane Press. 2003. 85 p.

11. Горбань В.В., Воронова Н.В. Методичні рекомендації до контролю чисельності гнусу Запоріжжя: ЗНУ, 2008. 34 с.

12. Кілочицька Н., Стеценко О. Кровосисні комарі (Diptera; Culicidae) Пирятинського району. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Біологія. 2017*. Вип. 2. С. 37-39.

13. Gorban V.V., Voronova N.V., Pahomov A. Ye. Biotopes of Aedes vexans development in the long flood-plain forest of the Dnipro river. *Вістник ДНУ Біологія. Екологія. Дніпропетровськ*, 2006 вип. 13. С. 226-230.

14. Горбань В.В., Воронова Н.В., Стеблюк М.В., Титова Л.М., Павліченко В.І. Трофічні зв'язки личинок Ae. vexans (Diptera, Culicidae) заплавних дібров річки Дніпро. *Вісник Дніпропетровського національного університету Біологія. Екологія.* Дніпропетровськ: ДНУ. 2006 вип. 14. С. 36-40.

15. Пахомов О.Є., Горбань В.В., Воронова Н.В. Еколого-біологічні особливості існування *Aedes vexans* (Diptera, Culicidae) в умовах заплавних дібров степового Придніпров'я. Дніпропетровськ: ДНУ, 2005. 244 с.

16. Phanitchakun T., Namgay R., Miyagi I. [et al.] Morphological andmolecular evidence for a new species of Lutzia (Diptera: Culicidae: Culicini) fromThailand // *Acta Tropica*. 2019. Vol. 191. March. Pp. 77–86. URL:https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.12.029.75.

17. Namgay R., Drukpa T., Wangdi T. [et al.] A checklist of theAnopheles mosquito species (Diptera: Culicidae) in Bhutan // *Acta Tropica*. 2018.Vol. 188. December. Pp. 206-212. URL: https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.09.006.76.

18. Reshetnikov A. D., Barashkova A. I. The project of technology ofprotection of northern deer from blood-sucking diptera and imago gadflies intundra conditions // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017. No. 6 (160). Pp. 29-32.77.

19. Reshetnikov A. D., Barashkova A. I. et al. Trap for femalemosquitoes [Electronic resource]: patent 2558966 of Russian Federation: Int. Cl.A01M 1/02 (2006.01) / Applicant and patent holder Yakut Scientific ResearchInstitute of Agriculture named after M. G. Safronov. No. 2013156576/13; announced 12/19/13; published 08/10/15ю Bull. No. 22. 3 p. URL:68http://www.fips.ru/Archive/PAT/2015FULL/2015.08.10/DOC/RUNWC2/000/000/002/558/966/ DOCUMENT.PDF

20. Воронова Н. В., Горбань В. В., Белецька Г. В. Санітарно-епідеміологічне значення кровосисних членистоногих о. Хортиця. І міжнародний конгрес «Національна перлина Запоріжжя: впровадження інноваційно-інвестиційних технологій гармонізації біоекосистеми о. Велика Хортиця». Запоріжжя. 2004. С. 188.

21. Павелко В.О., Сапожник Н.І. Щодо питання збалансованого використання водних ресурсів під час дії воєнного стану. *Сучасні вектори розвитку. 1*8-24 вересня 2024 Херсон - Кропивницький. Херсон: ХДАЕУ, 2024. С. 477-480. dspace.ksaeu.kherson.ua.

22. Пічура В.І., Потравка Л.О. Кліматично-гідрологічні умови формування рослинного покриву на території осушеного Каховського водосховища. *Водні біоресурси та аквакультура.* 2(16). 2024 С.118-142 wra-journal.ksauniv.ks.ua.

23. Чорнобров О.Ю, Соломаха В.А. Вплив руйнування Каховської ГЕС на полезахисні лісові смуги нижнього Придніпров’я. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*, вип. 44, 2023. С. 71-79. DOI: 10.32347/2524-0021.2023.44.71-80

24. Бажан О. Каховська ГЕС: за лаштунками «Великої будови комунізму». Південний Захід. Одесика.вип. 36. 2024. С.51-55 academia.edu.

25. Обухов Є.В. Каховському водосховищу – 55 років. *Український гідрометеорологічний журнал,* 2012. № 10. С. 116-125. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj_2012_10_16

26. Рудик-Леуська Н. Я., Хижняк М.І., Макаренко А.А. Сучасний стан зоопланктону Каховського водосховища. *The Animal Biology*, 2022, vol. 24. С. 33-38. https://doi.org/10.15407/animbiol24.03.033

27. Захарченко І.Л., Максименко М.Л. Стан популяцій основних промислових видів риб Каховського водосховища. *Питання біоіндикації та екології.* 2014. Вип. 19, № 2. С. 184-193.

28. Рудик-Леуська Н.Я., Леуський М.В. Фітопланктон та якість води Каховського водосховища у літній період. *Екологічні науки.* Київ : Видавничий дім «Гельветика». 5 (44), 2022. С. 83-92. ecoj.dea.kiev.ua

29. Обухов Є.В., Корягіна О.С. Оцінка внутрішньорічного розподілу температури поверхні води Каховського водосховища. *Український гідрометеорологічний журнал.* Одеса : Одеський державний екологічний університет. 2013. С. 162-175. eprints.library.odeku.edu.ua.

30. Обухов Є.В., Корягіна О.С. Порівняльні розрахунки випаровування з водної поверхні Каховського водосховища. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2012. Вип. 14. С. 160-169. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vodeu_2012_14_22

31. Войтенко Ю.В., Свиридова К.С. Undermining of Kakhovka HPP: environmental consequences and remediation of damaged territories. Харків : *Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна.* Вип. 61. 2024. С. 45-54. periodicals.karazin.ua.

32. Магась Н.І., Хоренженко Г.В., Замуруєва К.М. Аналіз гідрологічної ситуації у Дніпровсько-Бузькій гирловій області. *Екологічні науки.* Київ : Видавничий дім «Гельветика». 4 (49), 2022. С. 18-25. ecoj.dea.kiev.ua.

33. Яковлев Є.О., Рогожин О.Г. Регіональні еколого-геологічні наслідки підриву Каховського гідровузла. *Екологічна безпека та природокористування. Випуск 4 (48), жовтень – грудень 2023 р.* Київ : Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України. 2023. С. 91-117. es-journal.in.ua.

34. Гасенко А.В. Екологічний стан та структура ґрунтового покриву територій затоплених внаслідок руйнування Каховської ГЕС. Дніпро. Дніпровський державний аграрно-економічний університет. 2024. 76 с. dspace.dsau.dp.ua.

35. Трохименко Г.Г., Магась Н.І. Оцінка впливу затоплення територій після руйнування греблі Каховської ГЕС. Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг : колективна монографія / за ред. проф. Мальованого М. С. – Електрон. дан. –Київ : Ярочéнко Я. В. 2023. С.200-211. https://surl.lu/sehrng.

36. Рудік В.А., Левченко В.В., Голубятников М.І. Екологічні наслідки руйнування Каховської ГЕС: загроза поширення природно-вогнищевих інфекцій. Сучасний стан водних екосистемПівдня України та методи їх відновленняу повоєнний період. : зб. наук. праць /Колектив авторів; за ред. док. філос., к.г.н. Є. І. Коржова. Київ : ТОВ «Франко Пак». 2024. С.51-58. dspace.ksaeu.kherson.ua.

37. Нотевський І.І. Оцінка сучасного екологічного стану Каховського водосховища. Одеса : Одеський державний екологічний університет. 2017. 89 с. eprints.library.odeku.edu.ua.

38. Шупова Т.В., Конякін С.М. Потенційні загрози Каховської катастрофи популяціям птахів різних екологічних груп. *Агроекологічний журнал.* 2023. (№ 4) с. 41 journalagroeco.org.ua.

39. Дмитрієва О.О., Цапко Н.С., Друльова І.В. Пропозиції щодо запобігання пиленню обсохлих відкладів з дна Каховського водосховища. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення.* зб. наук. статей XIX Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 14-15 вересня 2023 р.) / УКРНДІЕП., 2023. С.

180-188. *Електронний примірник. Розміщено на офіційному сайті установи згідно рішення Вченої ради УКРНДІЕП*. 180.

40. Крайник С.В., Савенець М.В. Зміна аерозольних параметрів в атмосфері внаслідок надходження пилу з осушених ділянок Каховського водосховища. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2024. № 1. С. 85-95. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2024_1_10

41. Федоненко О.В., Осіпова Н.Б., Шарамок Т.С. Гідроекологічний стан Каховського водосховища. Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ. 2010. Вип. 15, № 2. С. 214– 222. researchgate.net.

42. Рудик-Леуська Н.Я., Леуський М.В. Фітопланктон та якість води Каховського водосховища у літній період. *Екологічні науки.* Київ : Видавничий дім «Гельветика». 5 (44), 2022. С. 83-92. ecoj.dea.kiev.ua

43. Дупляк В., Величко С., Дупляк О. Наслідки руйнування Каховського водосховища для зрошення та водопостачання півдня України. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*, (44), 19–28. https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.44.19-28

44. Гущук І.В., Мокієнко А.В. Еколого-гігієнічна оцінка стану водозабезпечення населення м. Нікополя. Public Health Journal (1(7)). pp. 85-91. journals.ostroh-academy.rv.ua.

45. Майданюк В.П., Печиборщ В.П., Якимець В.М. Екоцид: можливі епідеміологічні наслідки підриву Каховської ГЕС. *Актуальні проблеми транспортної медицини.* No 3(73), 2023. С. 81-93. DOI http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8254462

46. Стефанишин Д., Корбутяк В. До питання повоєнної відбудови Каховського гідровузла. Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна). 2024. С. 274-279. ecoconference.kpi.ua.

47. Дмитрієва О.О., Цапко Н.С., Друльова І.В. Пропозиції щодо запобігання пиленню обсохлих відкладів з дна Каховського водосховища. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення.* зб. наук. статей XIX Міжнародної науково-

практичної конференції (м. Харків, 14-15 вересня 2023 р.) / УКРНДІЕП., 2023. С. 180-188.

48. Беленок В.Ю., Деркач Д.І,. Руль Н.В. Використання аерокосмічних методів для екологічного моніторингу Каховського водосховища. *Вісник аерокосмічної школи.* Том 13. No 1. 2017 С. 54 – 63.

49. Василюк О.В., Пархоменко В.В., Мойсієнко І.І. До питання відродження Великого Лугу. *Традиції заповідної справи, сучасні проблеми збереження та повоєнного відновлення територій природно-заповідного фонду* : збірка наукових праць за матеріалами всеукраїнського круглого столу, присвяченого 160-й річниці із дня народження Фрідріха Фальц-Фейна, вченого у галузях акліматизації, тваринництва, рослинництва, заповідної справи, природокористування (8 квітня 2023 р., Екологічна дослідницька станція «Глибокі Балики», с. Балико-Щучинка) / за ред. В. В. Шаповала. Чернівці : Друк Арт, 2023. 256 с. (Серія: «Conservation Biology in Ukraine». Вип. 32). С. 25-42.

50. А. Ращенко, Т. Диптан, О. Малишев. Геологічна будова заплавних територій р. Дніпро. Основи та фундаменти. 2025. Випуск 50. С.210-226. file:///Users/natalavoronova/Downloads/Geological_structure_of_the_Dnipro_River_floodplai.pdf

51. Slyusarenko S.A., Stepanenko G.N., Glotova M.A. and Novikov M.F. Proyektirovaniye i ustroystvofundamentov na namyvnykh peschanykh gruntakh [Design and installation of foundations on alluvial sandy soils]. Kyiv: Budivelnik Publ., 1990, 128 p.

52. Slyusarenko S.A., Stepanenko G.M., Glotova M.A. Stroitel'nyye svoystva namyvnykh peschanykh gruntov teritorii USSR [Construction properties of alluvial sandy soils of the territory of the Ukrainian SSR]. Kyiv: NIISP. Publ., 1984, 78 p.

53. Мойсієнко І.І., Ходосовцев О. Є., Василюк О.В. та інші. Наслідки російського теракту на Каховській ГЕС для дикої природи. *Традиції заповідної справи, сучасні проблеми збереження та повоєнного відновлення територій природно-заповідного фонду.* Збірка наукових праць за матеріалами всеукраїнського круглого столу, присвяченого 160-й річниці із дня народження

Фрідріха Фальц-Фейна, вченого у галузях акліматизації, тваринництва, рослинництва, заповідної справи, природокористування Чернівці : Друк Арт. 2023 С. 151-158.

54. Тимко О. Характеристика Каховського водосховища та визначення складових його водного балансу. *Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування:* матеріали IX Міжнародної наукової конференції молодих вчених. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна. 2021. С. 57-59.

55. Лукашов Д.В., Хохлова Л.К. Оцінка седиментаційної ролі популяції молюсків роду Dreissena у контролі якості води Каховського магістрального каналу (Херсонська область). Ukrainian hydrometeorological journal, 2021, 27, pp. 76-85 doi: 10.31481/uhmj.27.2021.08ISSN 2311-0902 (print), 2616-7271

56. Dalin Jiang, Valeriy Khokhlov, Yurii Tuchkovenko. The biogeochemical response of the north-western Black Sea to the Kakhovka Dam breach. A Nature Portfolio journal. Communications Earth & Environment | 2025. 6:185

57. Ахтеменко, А. В., Лівінський, А. І. Наслідки підриву Каховської ГЕС для аграрних підприємств півдня України. *Розвиток агропромислового комплексу та сільських територій під час війни: Збірник матеріалів Науково-практичного форуму, 29 травня 2024 року.* Одеса : ОДАУ. 2024. 157 с.

58. Трохименко Г. Г., Магась, Н. І. Оцінка впливу затоплення територій після руйнування греблі Каховської ГЕС на якість поверхневих вод у Миколаївській області. *Водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг*. 2023. С. 200.

59. Гущук І. В., Мокієнко А. В., Гурак Р. М. (2025). Еколого-гігієнічна оцінка стану водозабезпечення населення м. Нікополя Дніпропетровської області за 2019–2024 роки. *Public Health Journal*, (1). 2025. С. 85-91.

60. Шупова Т. В., Конякін С. М. Потенційні загрози каховської катастрофи популяціям птахів різних екологічних груп. *Агроекологічний журнал*. 2023. (4), 39-52.

61. Захарченко І. Л., Максименко М.Л., Рубцова Н. Ю. Стан популяцій

основних промислових видів риб каховського водосховища. *Питання біоіндикації та екології*. 2014, 19, № 2. С. 184-193.

62. Дідух Я. П., Куземко А. А., Ходосовцев О. Є., Чусова О. О., Борсукевич Л. М., Скобель Н. О., Мойсієнко І. І.. Перший рік відновлення заплавних лісів на дні колишнього Каховського водосховища. *Chornomorski botanical journal*, *20*(3). 2024. С. 305-326.

63. Rashchenko A., Dyptan T., Malaman A. Активізація техногенних процесів при різкій зміні рівня водойм та ґрунтових вод внаслідок техногенних катастроф гідротехнічних споруд. *Bases and Foundations*. 2023. (46). С. 123-132.

64. Манушкіна Т. М., Смірнова І. В., Задорожній Ю. В., Бульба І. О. Наслідки для агросектору після руйнування Каховської ГЕС. *Моніторинг, екологічний стан довкілля.* Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет. 2024. С. 188-189 https://doi.org/10.15407/conf_UHMI_CGO_2024.065

65. Стефанишин Дмитро, et al. До питання повоєнної відбудови Каховського гідровузла. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції Екологія. Людина. Суспільство* . Київ : Київський політехнічний університет. 2024. :С. 273-279.

66. Коржов Є. І., Шляшенко О. Л. Відновлення Каховського водосховища як основа соціально-економічного розвитку Півдня України у повоєнний період. Сучасні проблеми розвитку аквакультури очима молодих вчених: зб. наук. праць. 2025. С.52-58.

67. Жидецький В. Ц. Охорона праці користувачів комп’ютерів: навч. посіб. Львів : Афіша, 2001. 176 с.

68. Гандзюк М. П., Желібо Е. П., Халимовський М. О. Основи охорони праці : навч. посіб. Київ : Каравела, 2008. 393 с.

69. Геврик Є. О., Пешко Н. П. Гігієна праці на виробництві: навч. посіб. Київ: Ельга Ніка Центр, 2004. 276 с.

70. Желібо Е. Н., Пічі В. М. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. Київ : Каравела, 2001. 320 с.

71. Житецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці: навч. посіб. Львів : Афіша. 2000. 348 с.

72. Катренко І. А., Кіт Ю. В., Пістун І. П. Охорона праці: навч. посіб. Суми : ВТД «Університетська книга», 2003. 496 с.

73. Ярошевська В. М., Чабан В. Й. Охорона праці в галузі: навч. посіб. Київ : Професіонал, 2010. 288 с.

74. Москальова В. М. Основи охорони праці: навч. посіб. Київ : Професіонал, 2011. 380 с.