

УДК 504.054/058

№ держреєстрації 0122U201130

Инв. №

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ
УКРАЇНИ
НАУКОВО-ДОСЛІДНА УСТАНОВА
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ»
(УКРНДІЕП)

61166, м. Харків, вул. Євгенія Єніна, 6, тел./ факс. (057) 702 15 92

ЗАТВЕРДЖУЮ



Директор УКРНДІЕП

геогр. наук, проф.

Анатолій ГРИЦЕНКО

грудня 2024 року

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

за темою № 17/1.1-24

ЗДІЙСНЕННЯ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ТА ВРАЗЛИВОСТІ ПРИБЕРЕЖНИХ
ТЕРИТОРІЙ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ

(остаточний)

Науковий керівник НДР

Заступник директора з наукової роботи, зав. лабораторії
досліджень екологічної стійкості об'єктів довкілля та
природних територій особливої охорони,
кандидат біологічних наук

О. Г. Васенко

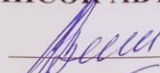
2024 р.

Рукопис закінчено 2024 р.

Результати роботи розглянуто Вченою радою УКРНДІЕП,
8 протокол від 10 грудня 2024 р. №

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР, заступник
директора з наукової роботи,
завідувач лабораторії
досліджень екологічної
стійкості

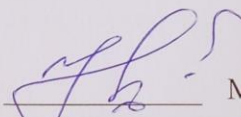

(підпис)
(дата)

О. Г. Васенко (вступ;
розділи 1-2; висновки;
рекомендації; додаток А)

об'єктів довкілля та природних
територій особливої
охорони,

кандидат біологічних наук

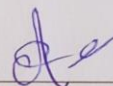
Відповідальний виконавець:
Науковий співробітник


(підпис)
(дата)

М.В. Старко (розділи 1-2;
висновки; рекомендації)

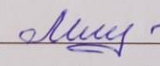
Виконавці:

Старший науковий
співробітник


(підпис)
(дата)

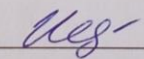
А.А. Карлюк (розділ 2)

Науковий співробітник


(підпис)
(дата)

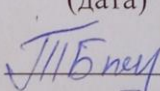
Г.Ю. Міланіч (розділ 1.4)

Науковий співробітник


(підпис)
(дата)

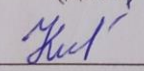
О.Ю. Ієвлева (розділ 1.3)

Науковий співробітник


(підпис)
(дата)

Т. В. Божко (розділ 1.1)

Науковий співробітник


(підпис)
(дата)

О.В. Черба (розділ 1.2)

Науковий співробітник

Игнатенко

М.Я. Ігнатенко (розділ 1.2)

(підпис)

(дата)

Технік I категорії

Волобуєва

В.С. Волобуєва (розділ 1.)

(підпис)

(дата)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 114с., 4 табл., 38 рис., 4 дод., 136 джерел.

ПРИБЕРЕЖНІ ТЕРИТОРІЇ, ЗМІНИ КЛІМАТУ, БЕРЕГОВА ЛІНІЯ,
ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВОДИ, ЗАТОПЛЕННЯ

(Ключові слова)

Об'єкт дослідження – Ризики та вразливість прибережних територій до зміни клімату.

Мета роботи – Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату.

Методи дослідження – аналіз літератури та результатів власних спостережень.

Визначено вплив змін клімату на процеси трансформації берегової лінії Чорного Азовського морів та водосховищ України, що часто призводить до прискорення її руйнування та затоплення прилеглої місцевості. На приморських територіях на затоплення впливає також підвищення рівня моря.

Виконано оцінку впливу кліматичних змін на зниження річкового стоку річок України, причинами якого є у першу чергу природні, насамперед кліматичні. При цьому спостерігається внутрішньорічний перерозподіл стоку і хоча середньорічні показники зменшуються, можливі великі затоплення прибережних річкових територій по всій Україні. Підтверджено тенденцію до зниження стоку Дунаю, причому останніми роками ця тенденція посилюється.

Розроблений огляд літератури з впливу змін клімату на збільшення частоти, тривалості й інтенсивності спалахів «цвітіння» як поверхневих, так і морських вод. Окреслено набір пов'язаних із кліматичними змінами факторів, що впливають на розвиток процесів «цвітіння». Показано, що зміни клімату є однією з головних причин зниження вмісту кисню у воді водних об'єктів. Процеси зниження концентрації кисню та розвиток придонної гіпоксії спостерігаються у Чорному морі, річках та водосховищах України.

Упровадження планується після завершення робіт по темі.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Дані про сучасний стан прибережних територій України з позицій порушення їхньої цілісності через зміну клімату.....	7
1.1. Вплив зміни клімату на берегову лінію водних об'єктів України.....	7
1.2. Наявність знижених ділянок рельєфу біля морів України, які можуть бути затоплені морем.....	38
1.3. Точкові та дифузні джерела забруднення морського середовища шельфу Азовського та Чорного морів.....	41
1.4. Вплив кліматичних змін на спалахи «цвітіння» поверхневих і морських вод.....	45
1.5. Порушення кисневого режиму прибережних зон водойм в умовах зміни клімату.....	54
2. Проведення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій України до зміни клімату в сучасних умовах.....	68
Висновки	83
Рекомендації	86
Перелік джерел посилань	87
Додаток А Технічне завдання.....	105
Додаток Б Внутрішня рецензія.....	108
Додаток В Зовнішня рецензія.....	109
Додаток Г Витяг з Протоколу Вченої ради УКРНДІЕП.....	111

ВСТУП

Зміна клімату є однією з найбільших загроз людству з далекосяжним впливом на суспільство, навколишнє середовище та економіку. Зміна клімату впливає на всі регіони світу та всі верстви населення.

Прибережні території знаходяться на межі двох середовищ, тому кліматичні зміни відбиваються на них найгостріше.

Вплив змін клімату на прибережні території України є багатограним. Він виявляється у трансформації берегової лінії водойм України, як поверхневих, так і морських. Такі процеси можуть бути причиною затоплення знижених ділянок прибережної території. Порушення температурного режиму водойм спричиняє зниження рівня кисню та появи частин водойм з анаеробними умовами, де спостерігається масова загибель гідробіонтів. Крім того, сукупність таких факторів, поряд з антропогенним забрудненням може прискорити евтрофікацію та розвиток спалахів «цвітіння» поверхневих та морських вод.

Названі фактори обумовлюють необхідність проведення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій України до зміни клімату в сучасних умовах. Саме цим питанням і присвячено цей звіт.

1. ДАНІ ПРО СУЧАСНИЙ СТАН ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ З ПОЗИЦІЙ ПОРУШЕННЯ ЇХНЬОЇ ЦІЛІСНОСТІ ЧЕРЕЗ ЗМІНУ КЛІМАТУ

Встановлено, що прибережні території України включають північне та західне побережжя Чорного та Азовського морів на території південних областей та Автономної Республіки Крим, а також побережжя великих річок (Дніпро, Південний Буг, Дніпро Сіверський Донець та ін.), водосховищ та озер [1].

Великий вплив на стан берегової лінії надає абразія – механічне руйнування порід, з яких складені береги та перенесення уламків прибійними хвилями та течіями біля берегової лінії. Абразія змінює нариси берегової лінії водойм, поступово відсуваючи її у бік суші. Її прояви позначаються на береговій лінії всіх водних об'єктів – морів, водосховищ, озер. Також стан берегової лінії Чорного та Азовського морів змінюється під впливом антропогенних факторів.

1.1. Вплив зміни клімату на берегову лінію водних об'єктів України

1.1.1. Вплив зміни клімату на берегову лінію Чорного та Азовського морів

Берегова лінія морів є складним утворенням, в межах якого відбувається дуже потужна взаємодія між морем та суходолом. Таке граничне положення берегової лінії визначає її постійну зміну. Відзначається, що навіть при піднятті рівня Світового океану на 40 – 50 см значно збільшуватиметься швидкість руйнування берегової смуги. Почнуть руйнуватися акумулятивні форми берегового рельєфу, які захищали від хвиль відкритого моря значні за площею лагуні, лимані та естуарії. Екосистеми цих акваторій опиняються під загрозою значних змін, а можливо і повного зникнення [2].

Із загальної довжини берегів української ділянки Чорного моря 553 км (34 %) є стабільними і динамічно стабільними. Активними кліфами різних типів зайнято 486 км довжини берега (29,9 %), при цьому основну кількість

абразивних ділянок складають глинисті та піщані осажені породи неогенантропогену. Акумулятивні форми берегового рельєфу розповсюджені вздовж 589 км берега (39,1 %). Переважають форми морської берегової лінії, що відступають. Форми, що нарощуються, мають довжину близько 48 км (3 %) [3].

Морські береги є найбільш привабливими та цінними місцями на Землі, тому за останні півстоліття чисельність населення в цих приморських регіонах зросла в рази. Берегова зона являє собою унікальну природну систему, де взаємодіють усі складові географічної оболонки. Проте неупорядкована урбанізація та прогресивний розвиток інфраструктури в поєднанні з неузгодженими промисловими, транспортними, рекреаційними, берегозахисними, рибальськими, сільськогосподарськими та іншими видами діяльності призводять до швидкої деградації берегів [4].

В. П. Зенковичем, було проаналізовано особливості функціонування берегової зони морів та формування берегової лінії. Встановлено наступне:

- Основною рушійною силою усіх процесів, що відбуваються у береговій зоні, є механічна енергія морських хвиль.
- Процеси, що протікають на підводному схилі і морському березі, взаємообумовлені, діють одночасно і нерозривно пов'язані між собою.
- Виключно величезна концентрація хвильової енергії в береговій зоні веде до сильних вертикальних та горизонтальних деформацій берегового рельєфу, а також найсильнішої інтенсивності гідрогенної диференціації наносів, і мінімально низького впливу нехвильових процесів.
- Природна диференціація берегової зони впливає на літодинамічні системи різної ієрархії. Існує щільний зв'язок між кожною системою в ієрархічному ряді. При цьому обмін наносами між кожною системою чи вертикальними смугами берегу та підводного схилу забезпечує стійкість берегової зони [5].

В береговій зоні Чорноморського басейну переважають деструктивні процеси, головним з яких є абразія. Під її дією щорічно втрачається близько

100 гектарів прибережних земель. Абсолютно переважає механічна абразія як результат дій механічної енергії морських хвиль і хвильових течій в береговій зоні. Елементи біогенної абразії найбільш помітно виявляються в районах Бакальської коси, Тарханкутського та Керченського півостровів. Максимальні швидкості абразії розвиваються на глинястих берегах, що найбільш помітно реагують на хвильовий вплив. Середні річні швидкості абразії за багаторічний період становлять 34 м, а максимальні – 1820 м (райони мису Бурнас, коси Тендра та Бакал). Приблизно з такими швидкостями відступають берегові лінії піщаних берегів, наприклад на терасі Шагани, біля мису Євпаторійського, на пересипу озера Устрічне [3].

Карта абразійних берегів Чорного та Азовського морів в межах України представлена на рис. 1.1.

Вважається, що основним чинником зміни берегової лінії Чорного моря є підвищення рівня моря. Коливання рівня моря та вертикальні тектонічні рухи побережжя значно впливають на інтенсивність основних рельєфоутворюючих процесів у береговій зоні (умови живлення берегів наносами, загальний бюджет осадового матеріалу та еволюція контуру берегової лінії). При цьому основними факторами, які зумовлюють переформування морських берегів при змінах рівня водойма є морфологічні особливості поперечного профілю берегової зони, ухил її підводної та надводної частин, запаси пляжоутворюючого матеріалу та ін.

Тому проблема охорони та захисту навколишнього середовища тісно пов'язана з проблемою охорони і захисту берегів морів та океанів, особливо пляжів – акумулятивних форм, які запобігають руйнуванню берегів [6].

Зміни рівня води в морях, позначаються на швидкості абразії берегів. Чисельність публікацій про суттєвий вплив процесу підвищення рівня моря на ерозію берегової лінії зазначає Ю. Н. Горячкін [7]. Абразія берегів посилюється при трансгресіях, що виникають за глобального підвищення рівня моря. Відступ моря (регресія) послаблює абразію. Значну роль в розвитку морської

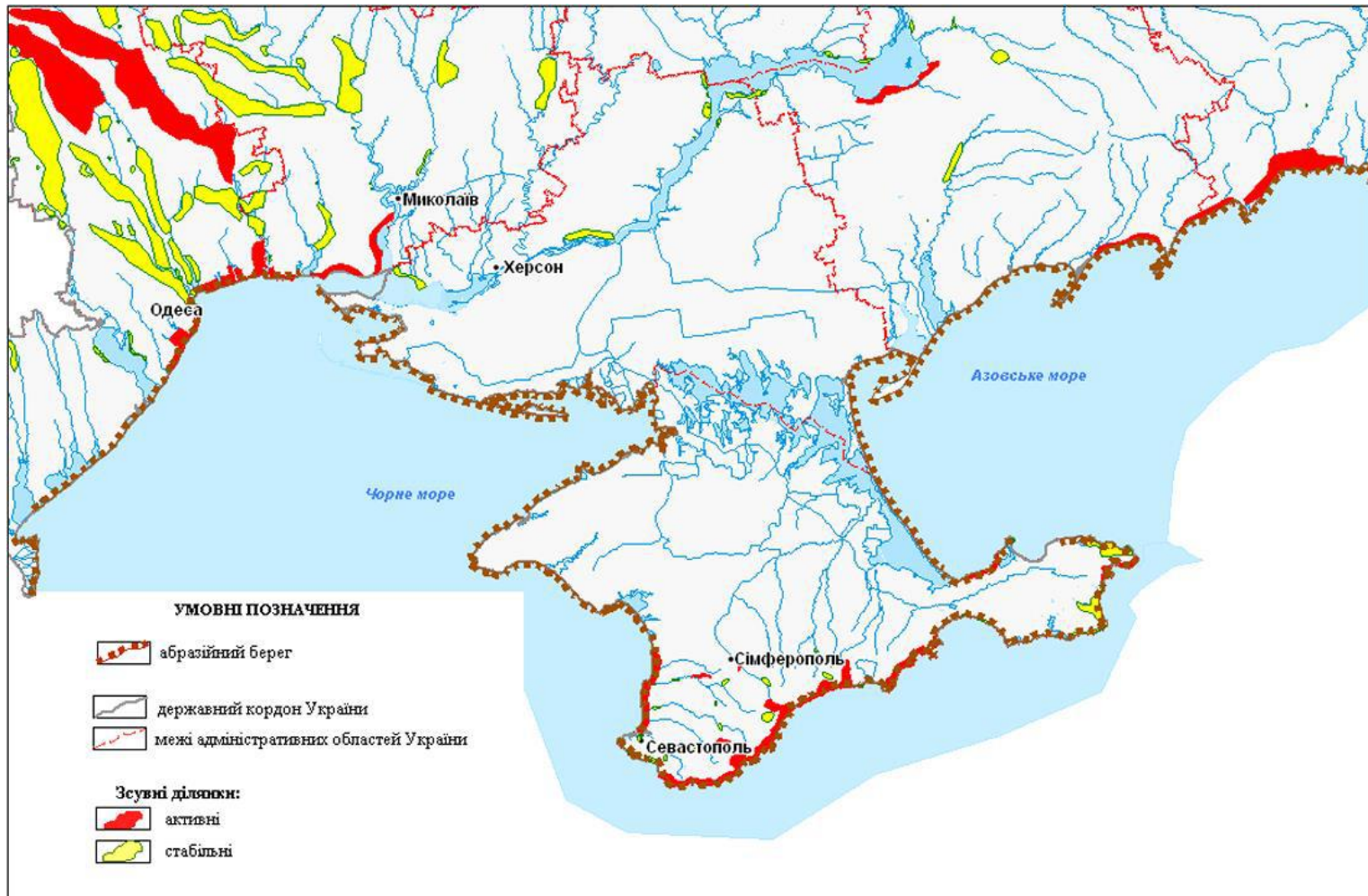


Рис. 1.1. Карта абразійних берегів в межах України [8]

абразії грають припливи, що підсилюють її, і відливи – послаблюючі, і навіть морські прибережні течії, що визначають накопичення уламкового матеріалу вздовж берегової лінії [9].

Береги Чорного моря майже на всій протяжності піддаються постійній зміні. Хвилювання моря в одних місцях руйнує берег і вирівнює його обриси, в інших – накопичує наноси, утворюючи нові ділянки суші та змінюючи рельєф материкової обмілини. Значному руйнуванню піддаються миси та ділянки берега, що виступають в море; хвилювання моря і прибіийний потік постійно вирівнюють берегову лінію. Загальне розмивання і відступ берегів уповільнюється в районах гирл річок з інтенсивним твердим стоком наносів.

У північно-західній частині Чорного моря найінтенсивнішому руйнуванню піддаються береги на ділянці від мису Бурнас ($45^{\circ}49' N$, $30^{\circ}09' E$) до маяка Будаки: 3 - 6 м на рік, у районі маяка Санжійський – до 2 м на рік, на ділянці від Дністровського лиману до Одеської затоки і далі на схід від Одеської затоки до входу в гирло річки Південний Буг – 0,5 - 1 м на рік, у районі селища Залізний Порт і в південно-східній частині Джарилгацької затоки – 2,5 - 3 м на рік, берег біля основи Бакальської коси ($45^{\circ}46' N$, $33^{\circ}10' E$) – 3 - 4 м на рік, у районі маяка Євпаторійський – 2 - 2,5 м на рік (на ділянці від міста Саки до входу в Севастопольську бухту – 1,5 - 2 м на рік).

Південний і південно-східний береги Кримського півострова, що складаються з кристалічних і твердих порід, за винятком зсувних ділянок, руйнуються морськими хвилями незначною мірою (до 0,2 м на рік). У районі зсувів біля берега лежать кам'яні брили, які захищають берег від розмивання [10].

Сучасний стан берегів Азовського моря, як і Чорного, характеризується переважанням абразійних процесів. Руйнації піддаються берега, складені переважно лесовідними суглинками, що підстилають скіфськими глинами, хапровські і танаїські пісками. В результаті основна кількість вітрохвильової енергії витрачається не на переміщення наносів, а на зміну абразійних форм прибережно-морського рельєфу.

Береги Азовського моря складені в основному осадовим комплексом гірських порід неоген-палеогенового віку. Вони представлені глинистими породами, глинами, суглинками і супісками, які помітно реагують на вологу, піддаються дезінтеграції і розчиненню. Частина порід представлена скельними різновидами, в основному вапняками (черепашковими, мшанковими, оолітовими), частково - пісковиками, сланцями і виверженими породами. Вони піддаються стиранню і розчиненню [11].

Крім абразії, на стан берегової лінії Чорного та Азовського морів впливають антропогенні фактори. Так відмічається, що протягом кількох десятиріч відбулося суттєве втручання антропогенного фактору у всю літодинамічну систему на узбережжі лиманного типу, що складає значну частину побережжя Чорного моря в межах України. Вважається, що таке втручання навіть перевершило величину впливу сучасних змін клімату. Встановлено перебіг низки процесів:

1. Вилучення піщаних наносів із пляжів. Тому у 1,3 – 3,2 рази зросли пересічні швидкості абразії кліфів. Берегова територія стала зменшуватися.
2. Розвиток масового розмиву осередків еолового накопичення пісків.
3. Майже повна забудова, переважно індивідуальна та рекреаційна, абразійних берегів на дослідженому узбережжі між лиманами. Це майже завжди веде до активізації поверхні ковзання блоків породи на схилі, до зсувів та обвалів.
4. Розвиток великих та глибоких зсувів та часті обвали. При цьому Україна втрачає десятки гектарів цінних берегових земель безповоротно [12].

Антропогенно перетворені берегові ділянки Чорного та Азовського морів представлені на рис. 1.2.

У береговій зоні Азовського моря в цілому виявлено циклічність різного ступеня швидкості абразії від 1 до 4 м · рік⁻¹ (у виняткових випадках до 15м в рік). Високі швидкості руйнування берегів зафіксовані в періоди 2004-2005 і 2013-2014 рр., що пов'язано зі збільшенням повторюваності нагінних вітрів і

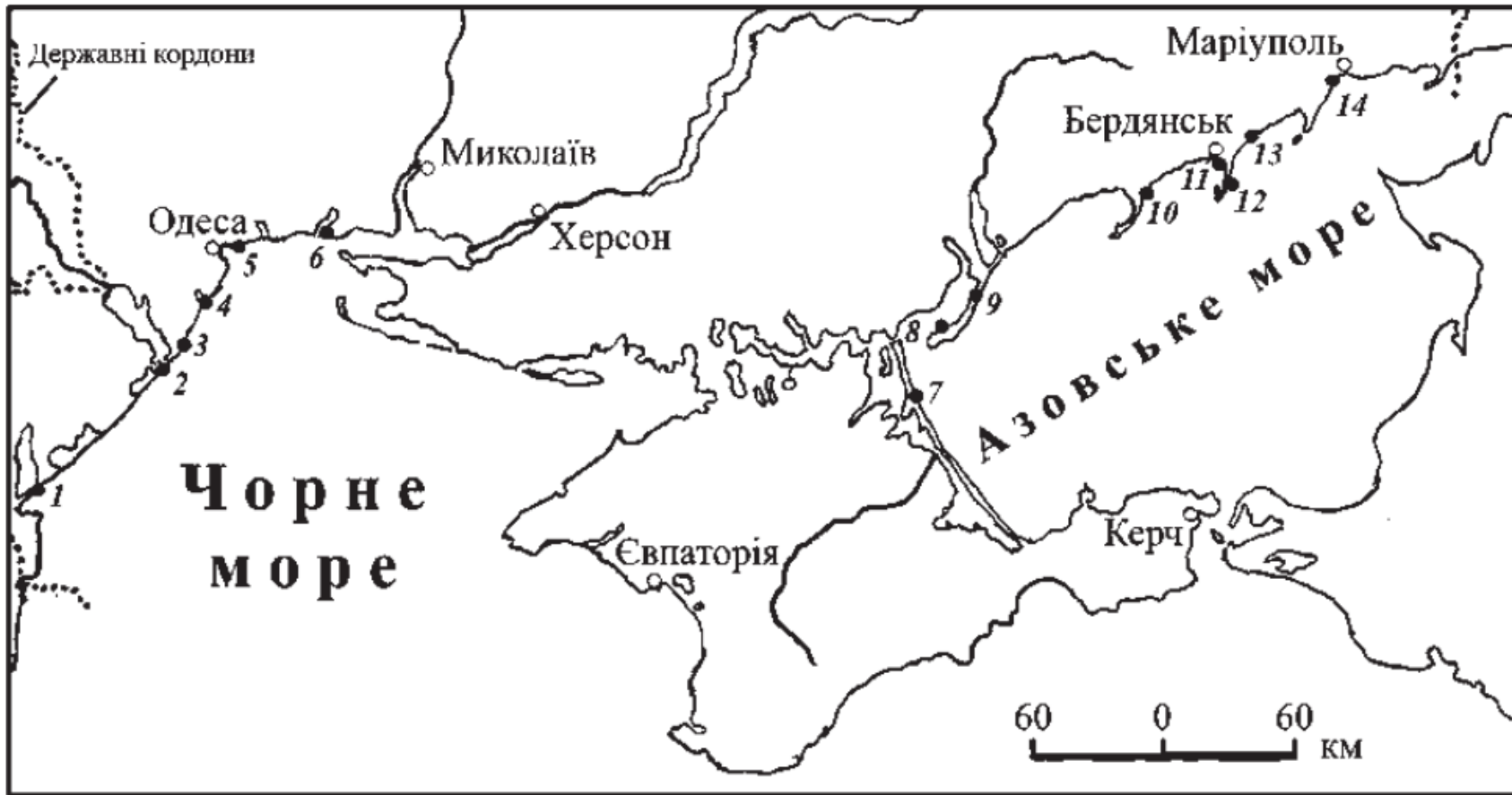


Рис. 1.2. Антропогенно перетворені берегові ділянки Чорного та Азовського морів, [4]

Умовні позначення: чорні круги – місцезнаходження антропогенно перетворених берегових ділянок: 1 – пересип лиману Сасик; 2 – частина пересипу Дністровського та Будацького лиманів; 3 – Тернівська тераса; 4 – порт Іллічівськ; 5 – селище Фонтанка; 6 – порт Южний; 7 – коса Арабатська Стрілка; 8 – коса Бірючий Острів; 9 – Федотова коса; 10 – Обитічна коса; 11 – порт Бердянськ; 12 – Бердянська коса; 13 – гирло р. Берда; 14 – порт Мариуполь.

хвилювань, катастрофічних підйомів рівня на південній ділянці моря і падінь рівня - на північному [13,14].

Коливання рівня Азовського моря викликаються багатьма факторами, що діють одночасно і, в свою чергу, часто, відображаються на абразії. На море можна виділити два основних види коливань рівня – об'ємні багаторічні і денівеляційні (згінно – нагінні та сейшеві). Найбільший розмах коливань пов'язан зі згінно-нагінними явищами [12].

Так, з 1977 по 2002 рр. підвищення рівня моря було пов'язано зі збільшенням західної складової вітрів, що призводило до збільшення частоти нагонів, як в Таганрозькій затоці, так і власне в Азовському морі, а також збільшення кількості опадів, принесені західними вітрами з Атлантики [8]. При цьому середньорічний рівень Азовського моря мав тенденцію до підвищення. Максимальні середньомісячні рівні відзначалися в червні-липні, мінімальні – в жовтні-листопаді. Досить очевидно, що основний вплив на розвиток зсувних процесів визначає розмив берегової лінії, в тому числі вітровими хвилями при підвищенні середнього рівня моря [12].

У свою чергу, метаморфози під впливом змін клімату берегової лінії Азовського моря відбиваються на природних цінозах, що розташовані на акумулятивних формах берега, що є унікальною середою існування рідкісних, у тому числі цінних тварин та рослин [15].

1.1.2. Вплив зміни клімату на берегову лінію водосховищ та озер

Виявлено, що зміни клімату, поряд з фізико-географічними та структурно-геологічними умовами, які включають рельєф, стік, ґрунти, рослинність, геологічну будову та деякі інші характеристики, а також коливання рівня води, формують провідні фактори формування берегів водосховищ. Про це наголошувалося в літературі ще у 1960 році [16]. Багато в чому вплив зміни клімату на берегову лінію водосховищ та озер пов'язаний з гідрологічними наслідками кліматичних змін.

1.1.2.1. Глобальні закономірності гідрологічних наслідків кліматичних змін та їх прояви на території України.

Дослідження гідрологічних наслідків кліматичних змін останніх років для різних регіонів світу й річкових басейнів стають усе більш актуальною задачею, у тому числі з практичної точки зору, оскільки з кліматичними змінами пов'язана низка небезпечних погодних та гідрологічних явищ, а також перспективи виникнення значного дефіциту водних ресурсів у окремих регіонах.

У звіті Міжурядової платформи зі змін клімату (IPCC) за 2007 рік [17] представлено глобальний прогноз зміни водності річок на найближчі десятиліття по результируючій кількох прогнозних моделей. За висновками цієї роботи, для України, як і для всього півдня Європи, прогнозується істотне зниження річкового стоку (рис. 1.3.).

У низці робіт, зокрема [18-20], вивчаються гідрологічні наслідки кліматичних змін за різними сценаріями по обсягам викидів і рівнях зростання середньорічних температур (рис. 1.4 – 1.9).

Прогнозний вплив змін клімату на режим поверхневого стоку низки річкових басейнів Європи й Передньої Азії на 2050-і роки (рис. 1.4) представлений у роботі [18] за окремими макрорегіонами, для яких ранжується частка річкових басейнів, які відчуватимуть певний ступінь впливу. Україна за цією класифікацією належить до макрорегіону, що значною мірою відчуватиме вплив змін клімату. Крім того, відомості цієї роботи (рис. 1.5) свідчить про ще один аспект. Для більшості території південної й центральної Європи, у тому числі території України, очікується істотне зменшення мінімальних рівнів поверхневого стоку при тих же, або іноді й більших, максимальних рівнях. Отже, прогнозується не тільки зниження мінімальних рівнів стоку, але й збільшення різниці між максимальними й мінімальними рівнями й підвищення нерівномірності стоку.

Схожий висновок можна зробити й з відомостей роботи [19] (рис.1.6.), причому сценарії більш інтенсивних кліматичних змін характеризуються

більшим розбігом частоти посух по субрегіонах і зменшенням частки помірних для макрорегіону значень і тенденцій (рис.1.7). Хоча у цій роботі територія України й не розглядається, але можна припустити, що для неї мають бути характерні тенденції, близькі до відзначених для континентального макрорегіону.

Таким чином, прогнозується збільшення як просторового, так і часового розбігу рівнів поверхневого стоку, а отже й водності річок.

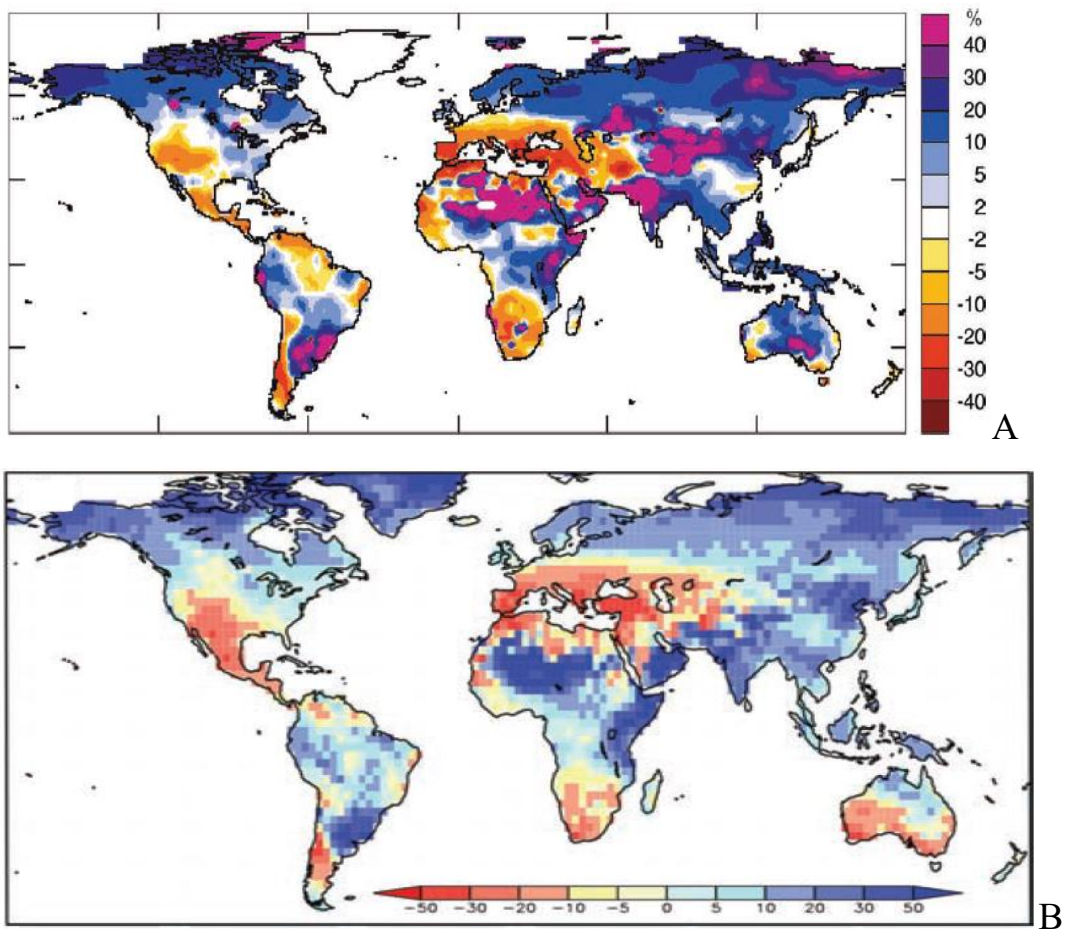
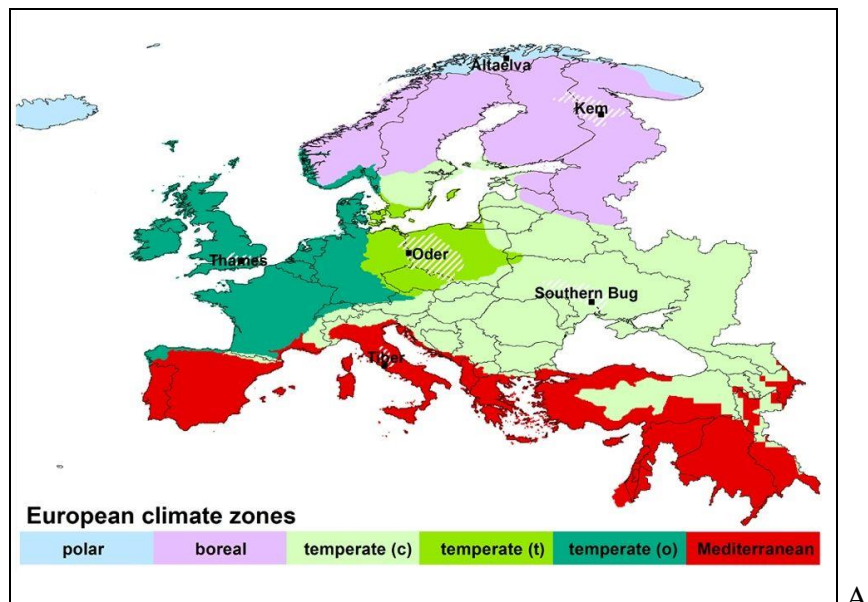
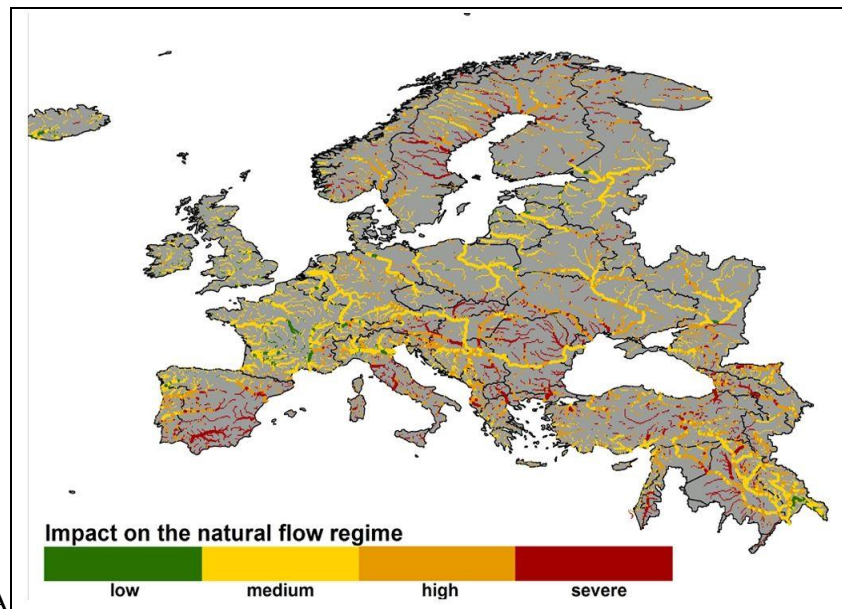


Рис. 1.3. Зміна середньорічного поверхневого стоку, [17]

Примітки: А – на 2041–2060 роки відносно 1900–1970 років, % ; В – на 2100 рік відносно 1981–2000 років, %.

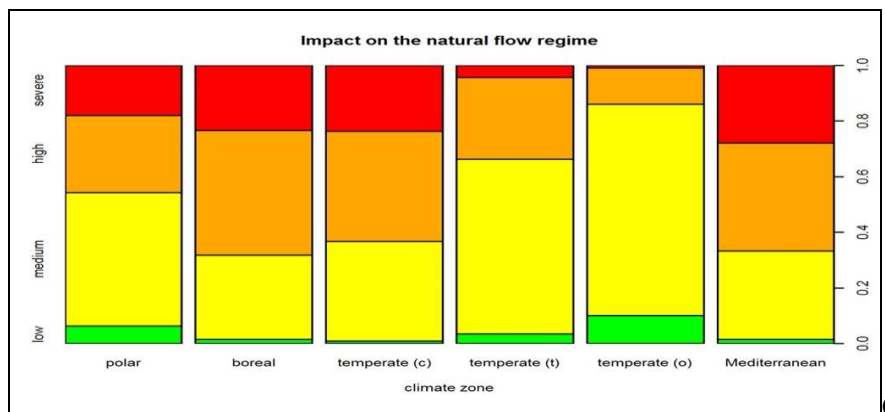


A



A

B



C

Рис. 1.4. Ранжування річкових басейнів Європи й Передньої Азії за рівнем впливу кліматичних змін, [18]

Примітки: А – поділ на макрорегіони; В – основні річкові басейни за рівнем впливу; С – пропорція по макрорегіонах.

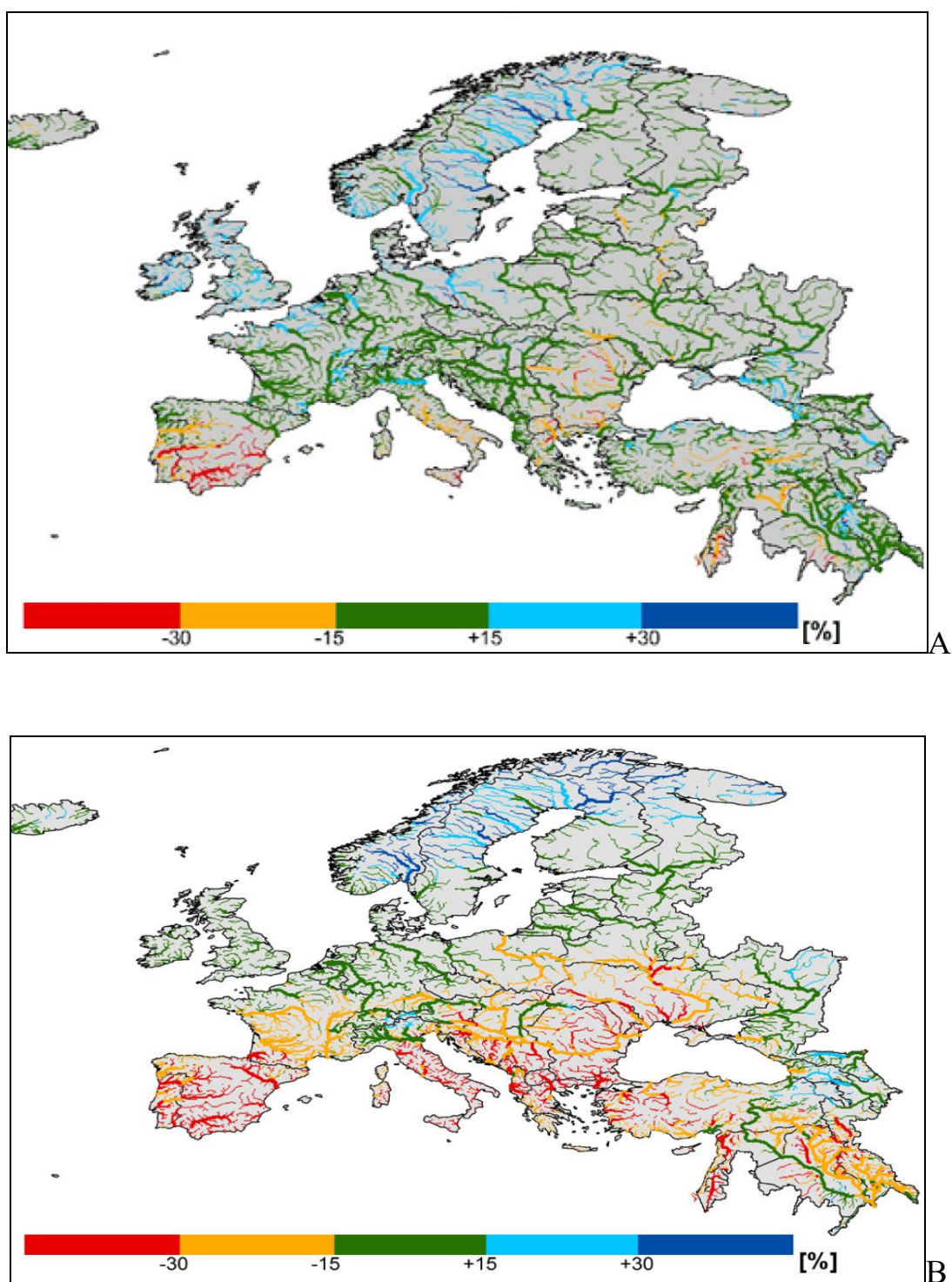


Рис. 1. 5. Прогнозний вплив змін клімату на режим поверхневого стоку низки річкових басейнів Європи й Передньої Азії на 2050-і роки, [18]

Примітки: А – максимальні значення, В – мінімальні значення.

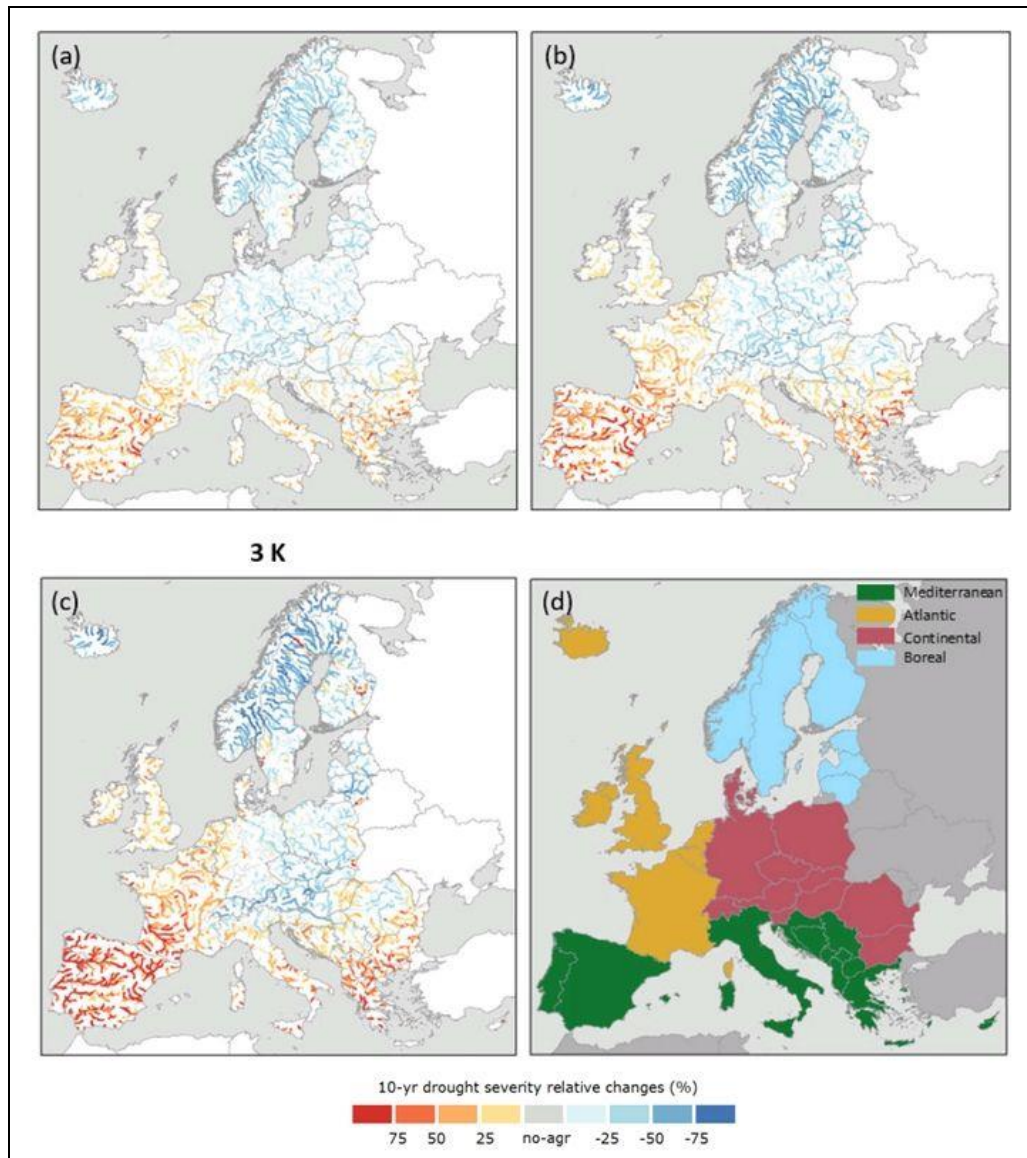


Рис. 1.6. Характеристика частоти й інтенсивності посух відповідно до трьох сценаріїв інтенсивності кліматичних змін і поділ на макрорегіони [19].

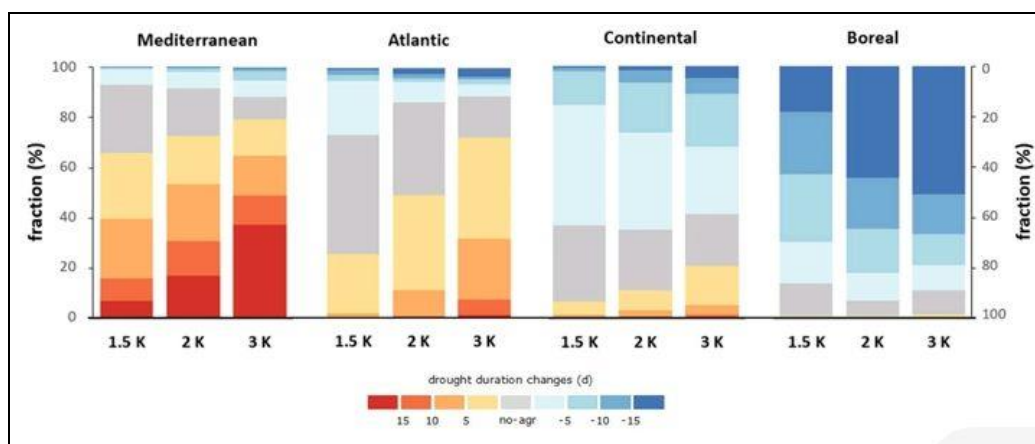


Рис. 1.7. Характеристика тривалості посух, відсоток субрегіонів у макрорегіонах відповідно до трьох сценаріїв інтенсивності кліматичних змін [19]

У роботі [20] детально розглядаються складові формування поверхневого стоку водозбірних територій Західної Європи (рис.1.8). Хоча у цій роботі територія України практично не розглядається, однак орієнтовно можна екстраполювати відзначені для прилеглих територій тенденції. Особливо це стосується змін, які більш-менш однаково спрямовані для всієї Європи, як, наприклад, зниження кількості снігу. За цією роботою також прогнозується значне збільшення випаровування у Фенноскандинавії та Альпах з меншим, нестабільним збільшенням випаровування в регіоні між Нідерландами та Україною.

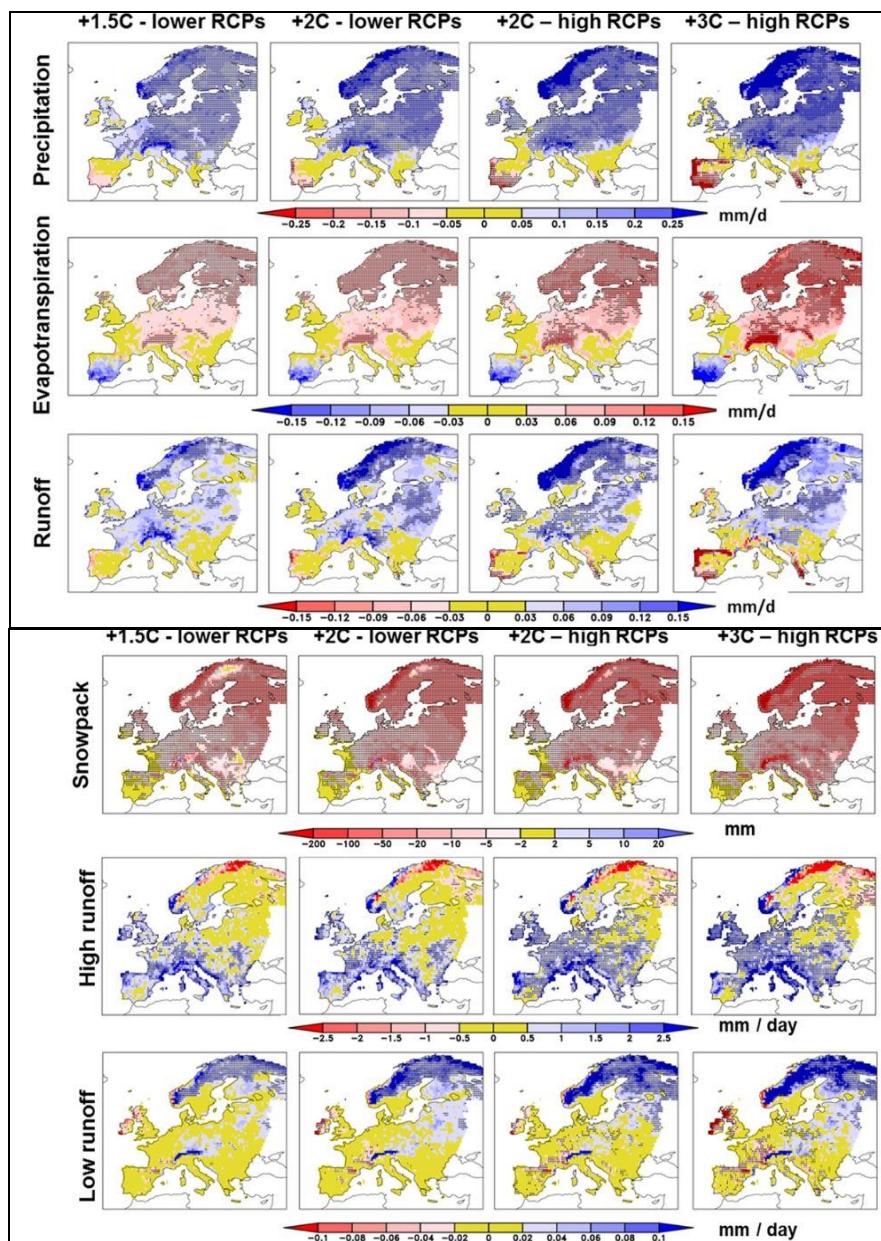


Рис. 1.8. Характеристика гідрологічних параметрів водозбірних територій у Європі згідно кількох сценаріїв кліматичних змін [20]

Незначні зміни стоку при всіх рівнях потепління прогноуються на значних частинах Франції, Великобританії, Іспанії, Греції та на Балканах. Для всіх рівнів потепління зміни стоку найсильніші взимку, причому значне збільшення стоку спостерігається у Фенноскандинавії та альпійських регіонах. Для інших сезонів зміни менші в більшості частин Європи, різняться за напрямком і, як правило, менш стійкі. Тим не менш, спостерігаються значні місцеві зміни, зокрема зменшення стоку навесні та влітку в Норвегії та значне збільшення стоку навесні у Великобританії. Знову ж таки, площа, на яку впливають зміни, дещо збільшується зі збільшенням рівня потепління. Сніговий покрив за має зменшуватися в більшості частин Європи. Тим не менш, є деякі локальні незначні збільшення, коли збільшення опадів взимку перевершує збільшення танення снігу. Максимальні рівні стоку за зростуть на значних частинах континентальної Європи, збільшуючись в інтенсивності, міцності та просторовому масштабі зі збільшенням рівня потепління. У Західній Європі, Великій Британії та Норвегії є локальні точки зниження мінімального стоку [20].

Варіації реакції середнього стоку на рівні потепління для шести основних європейських річок також представлені у роботі [20] (рис. 1.12.).

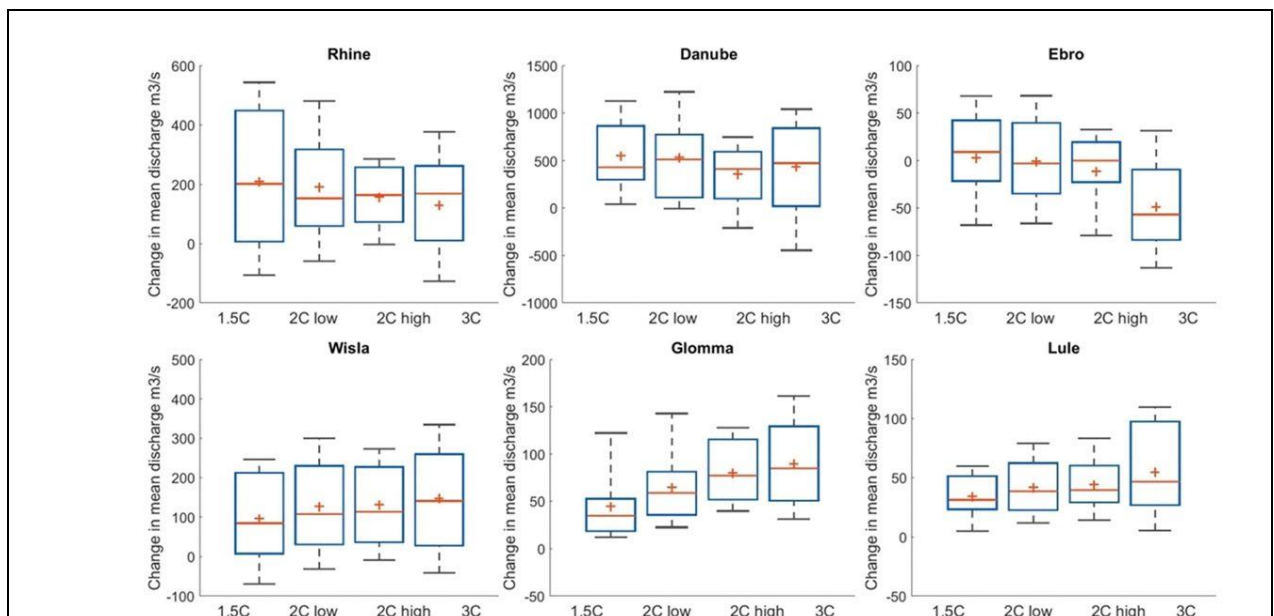


Рис. 1.9. Зміни водності за основними річковими басейнами Західної Європи [20]

Збільшення стоку в річці Гломма, за відомостями цієї роботи, має посилюватися зі зростанням рівня потепління. Подібні результати спостерігаються для річок Вісла та Луле. Це узгоджується зі збільшенням середнього стоку, що очікується для великих частин північної Європи. Зменшення річкового стоку зі збільшенням рівня потепління прогнозується для річки Ебро, що відповідає зменшенню стоку, що очікується на півдні. Результати для Рейну та Дунаю менш однозначні й залежать від рівня інтенсивності потепління [20].

У звіті Міжурядової платформи зі змін клімату (IPCC) [17] прогнозується перерозподіл річкового стоку (рис. 1.10), а також низка наслідків кліматичних змін окремо для Європи (рис. 1.11).

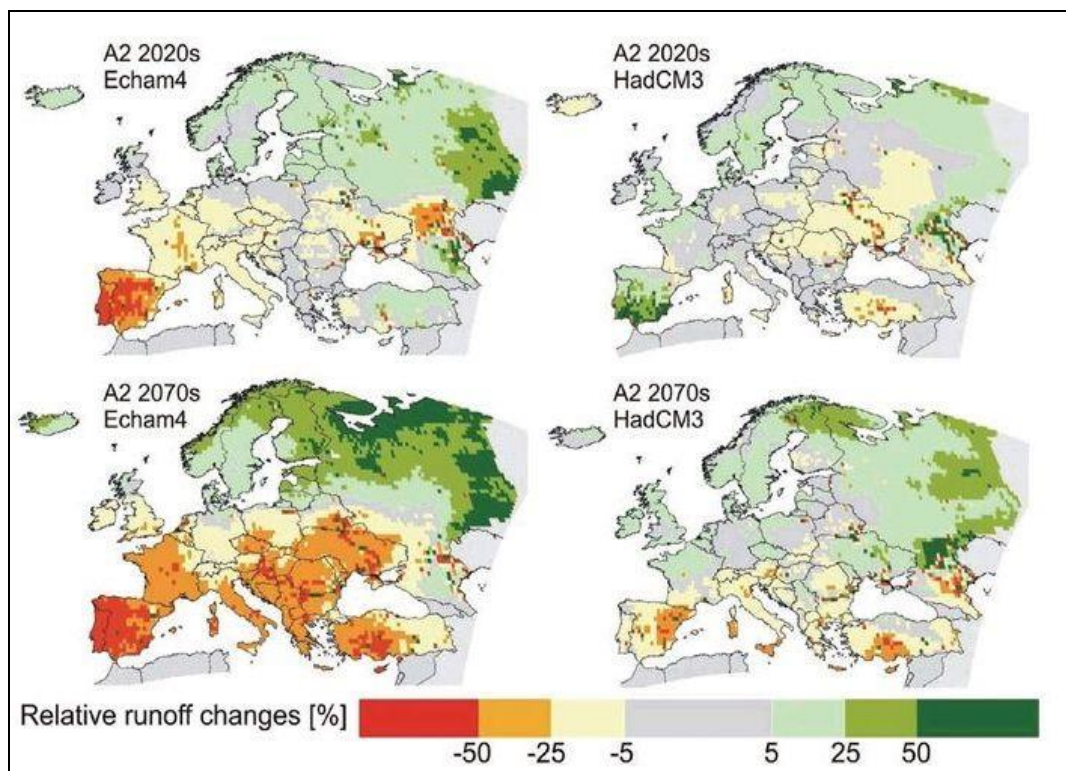


Рис. 1.10. Перерозподіл річкового стоку в Європі за різних сценаріїв змін клімату [17]

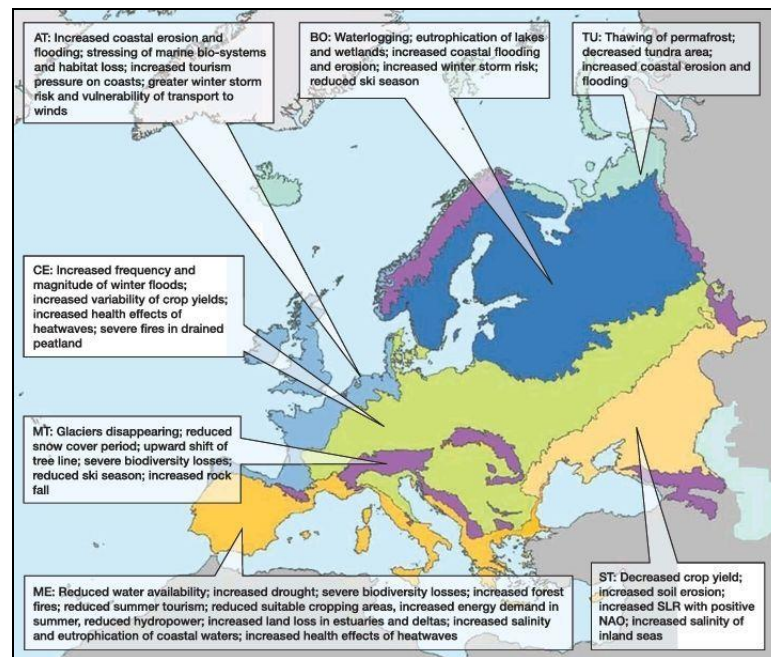


Рис. 1.11. Прогнозовані наслідки кліматичних змін для макрорегіонів Європи [17]

Для переважної частини території України, за більшістю сценаріїв кліматичних змін (3 з 4), прогнозується зниження річкового стоку (в одному з цих варіантів значне зниження); особливо це стосується Півдня і Заходу України. Також можна відзначити, що територія України, за аналізом цього звіту, відноситься до двох макрорегіонів. Для першого з них (центрального), до якого відносяться Північ і Захід України, прогнозується, як найбільш суттєвий, вплив таких чинників, як: підвищення частоти й інтенсивності зимових відлиг і паводків, збільшення нестабільності врожайності зернових, підвищення впливу на здоров'я людей теплових хвиль, пожежі на пересохлих угіддях. Для другого макрорегіону (степового) до якого відноситься Південь і Схід України, прогнозується, як найбільш суттєвий, вплив таких чинників, як: зниження врожайності зернових, збільшення ерозії ґрунтів, зростання мінералізації прісних вод, підвищення рівня моря.

Дослідження щодо змін гідрологічного режиму та можливих гідрологічних наслідків кліматичних змін проводилися й окремо для території України, наприклад у роботах [21-23].

Зокрема, у роботі [x8] констатується зменшення останніми роками стоку малих і середніх річок на 10-20% на півночі України й на 20 – 50% на півдні. При цьому в маловодні роки (75 % забезпеченості) на півдні та південному сході очікується зменшення водних ресурсів до 90%.

За роботою [22] також прогнозується зниження річкового стоку на більшості території України, крім частини західного Полісся та деяких невеликих причорноморських річкових басейнів.

Очікуються такі ефекти, як зміни ресурсів поверхневого стоку, а також зменшення тривалості стійкого снігового покриву й співвідношення рідких і твердих опадів [21].

Слід зазначити, що з огляду на значну частку снігового живлення у річок східноєвропейського типу, до якого належать річки України, вказане вище має істотно вплинути не тільки на їх водність, але й на їх гідрологічний, а відтак і гідрохімічний і гідробіологічний режим. Про це, хоч і непрямим чином, згадується, зокрема й у звіті IPCC (щодо зимових відлиг і паводків) [17]. Зокрема, послаблення весняних водопіль може вплинути на заплавні екосистеми, а також (через зміни осадо накопичення та промиву русел від осадів) на донні біотопи річок, особливо невеликих.

До 2040 р., за відомостями [21], може припинитися стік малих річок у маловодні роки (Херсонська, Одеська, Миколаївська, Дніпропетровська та Запорізька області), в середні та багатоводні роки (Херсонська та Одеська області) (рис. 1.12).

Суттєвою обставиною слід вважати відзначене у роботі [23] прогнозне пересування межі аридності до півночі, що вказує на розширення напіваридної зони. Відзначається, що область надмірного зволоження на півночі вже не існуватиме, а на заході (Карпати) дещо зменшиться. При цьому, очікується розширення до півночі зони Степу, що призведе до того, що степова зона охоплюватиме близько 40% території України.

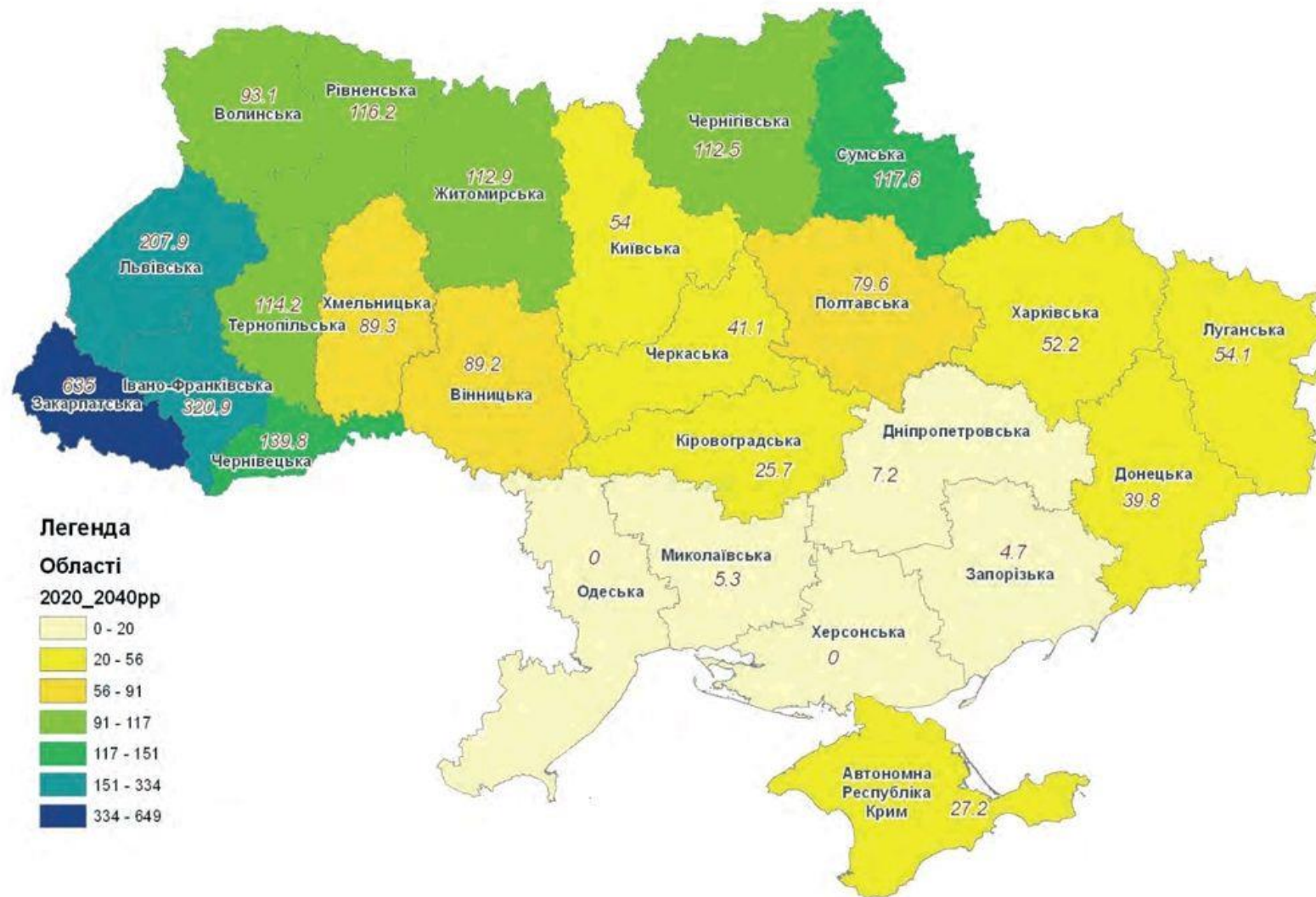


Рис. 1.12. Прогнозовані зміни стоку річок України, [21]

Слід зазначити, що гідрохімічний склад вод, характерний для зон надмірного й недостатнього зволоження, принципово різний, перш за все за рахунок вмісту головних іонів. На теперішній час в Україні природна мінералізація вод зон надмірного (Полісся) і недостатнього (Степ) зволоження відрізняється на порядок [24]. При цьому, нормативи для вод господарсько-побутового використання за показником загальної мінералізації становлять близько 1000 мг/дм³. Водночас природна мінералізація вод степової зони доходить до 2000 і більше, а внаслідок забруднення високомінералізованими кар'єрними й шахтними водами, характерного для значної частки Українського Степу, подекуди може становити до 5000. Проте, природна мінералізація вод Полісся може бути нижче 200. Таким чином, з водогосподарської точки зору кліматичні зміни мають призвести до посилення не тільки кількісного, але й якісного дефіциту водних ресурсів. Водночас, кліматичні зміни в Україні, з огляду на вказане вище, мають призвести до суттєвої перебудови гідроекосистем нинішньої зони надмірного зволоження, оскільки значна частина водної біоти дуже чутлива до мінералізації води. За цих обставин, теплове забруднення, може посилити вказані ефекти за рахунок локального підвищення мінералізації й інтенсифікації випаровування; хоча вплив скиду високомінералізованих вод, найімовірніше, більший. Про збільшення мінералізації поверхневих вод згадується, зокрема, у звіті IPCC [17].

Дослідження впливу кліматичних змін на гідрологічні й гідрохімічні показники проводилися також для окремих річок України, наприклад, таких як Прут [25], Дністер [26], Псел [27] та інших.

Зокрема, для р. Псел [27] показано тенденцію до збільшення температур води та до зниження водності (рис. 1.13).

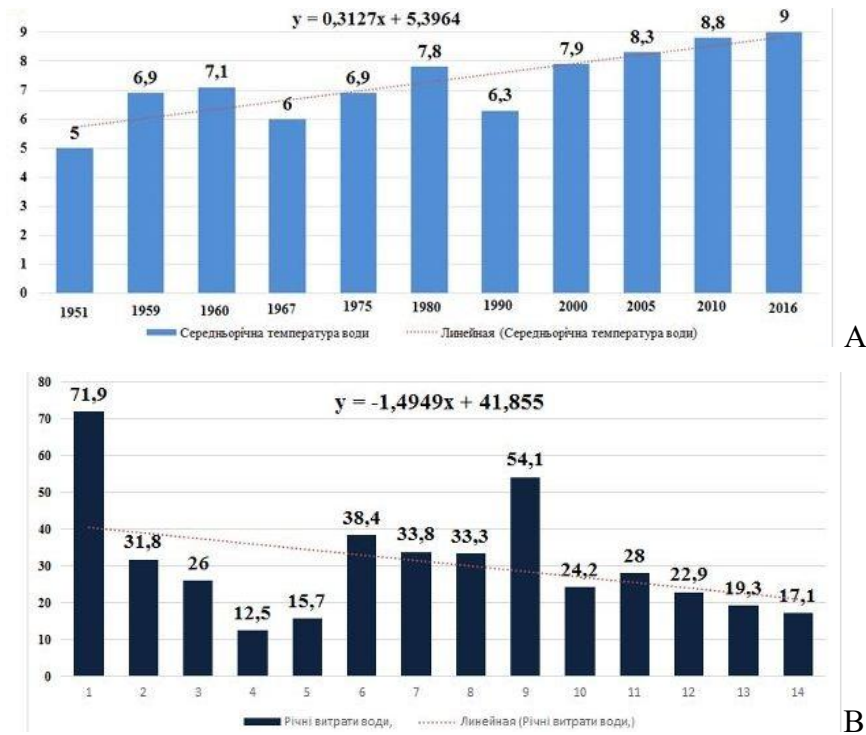


Рис. 1.13. Динаміка гідрологічних параметрів р. Псел (м. Гадяч) [27]

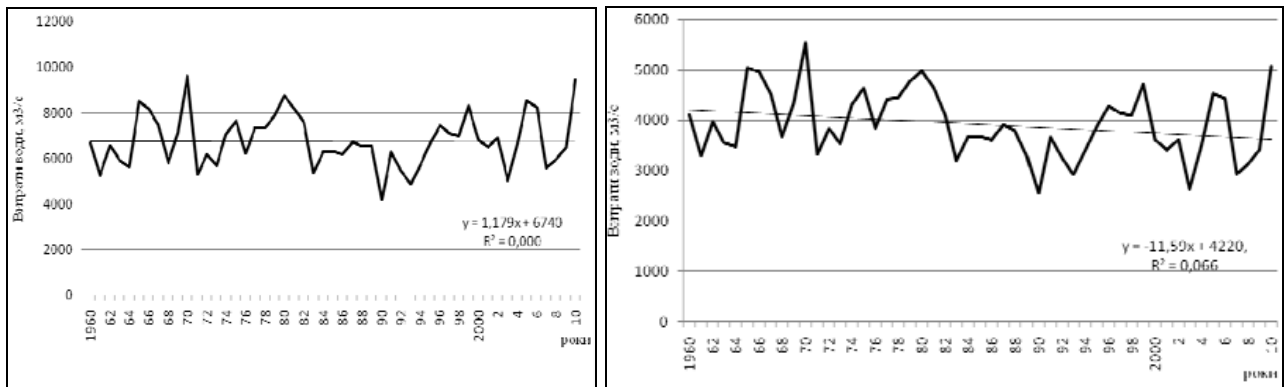
Примітки: А – середньорічна температура води, В – річні витрати.

1.1.2.2. Розгляд гідрологічних наслідків кліматичних змін на прикладі української ділянки дельти Дунаю.

Дельта Дунаю визнана уразливою до можливих кліматичних змін [28]. Для басейну Дунаю прогнозується [29] підвищення середньорічних температур повітря, зниження кількості опадів й істотне скорочення річкового стоку.

Дослідження багаторічної динаміки й тенденцій змін водності Дунаю проводилося багатьма фахівцями, зокрема у наступних роботах [30-33].

Порівняння багаторічної динаміки витрат Дунаю в районі міст Рені та Ізмаїл [30], при вповні пояснюваному збігу років високих і низьких витрат, показало слабку тенденцією до зниження витрат води у районі Ізмаїлу, чого не спостерігалось у районі Рені (рис. 1.14).



А

В

Рис. 1.14. Міжрічна динаміка середніх витрат води за 1960-2010 роки, [30]

Примітки: А Дунаю у межах м. Рені; В – Кілійського рукава дельти Дунаю у межах м. Ізмаїл

У цьому зв'язку зазначимо, що певна диспропорція динаміки гідрологічних параметрів між створами Рені та Ізмаїлу, зумовлена перерозподілом стоку води й твердих наносів між Кілійським і Сулинським рукавами дельти Дунаю відзначалася нами у роботі [31].

Зауважимо також, що аналіз сезонних особливостей багаторічної (починаючи з 1947 року) динаміки стоку Дунаю показав [32] загальну тенденцію до зниження стоку в певні місяці, зокрема у березні (рис. 1.15), коли водність була максимальною. Між тим, розглядаючи динаміку за останні роки, можна помітити, що зниження стоку було більш характерним для місяців низької водності (грудень-лютий).

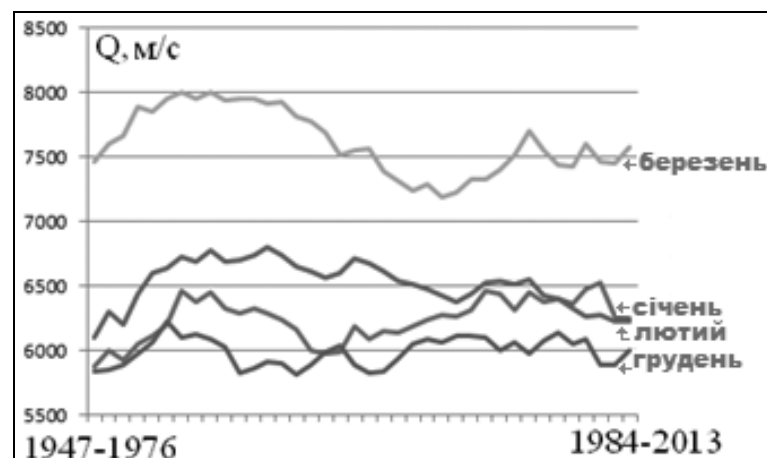


Рис. 1.15. Міжрічна динаміка надходження води з Дунаю в Чорне море по місяцях [32]

Окремо тенденції змін за попередні й найближчі нещодавні роки розглядалася у роботі [34], щоправда для температури води, а не для витрат води (рис. 1.16).

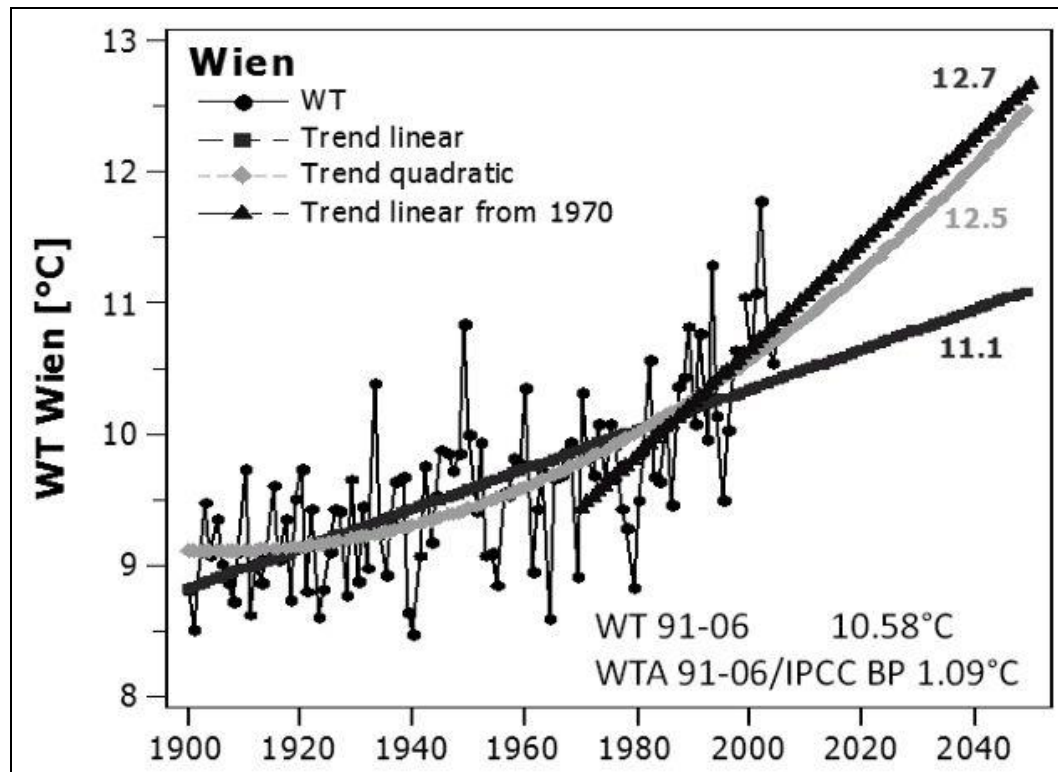


Рис. 1.16. Температура води Дунаю коло Відня, тенденції окремо за попередні й найближчі нещодавні роки [33]

Фахівцями УКРНДІЕП проводився аналіз гідрологічного режиму дельти Дунаю за даними спостережень Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії (ДГМО). Основні результати доповідалися у 2021 році у роботі [33].

Як можна побачити (рис. 1.17), помічена іншими дослідниками у попередні роки [30] тенденція до зниження стоку Дунаю в районі Ізмаїлу певною мірою посилилася, крім того така ж (хоча й слабша) тенденція спостерігалася й для району Рені.

Аналізуючи сезонний розподіл середньобаторічного стоку за досліджуваний період, можна виокремити сезони з найбільшою водністю (березень-травень) і з найменшою (вересень-листопад) (рис. 1.18). Отже, окремо можна розглянути міжрічну динаміку водності за ці сезони (рис. 1.19).

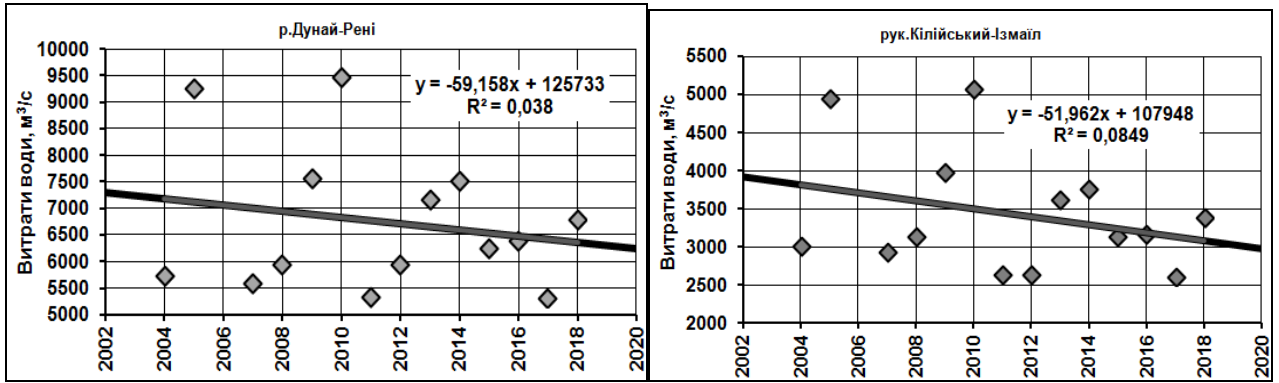


Рис.1.17. Міжрічна динаміка середніх витрат води р. Дунай у районі Рені та Кілійського рукава дельти Дунаю у районі Ізмаїлу [30]

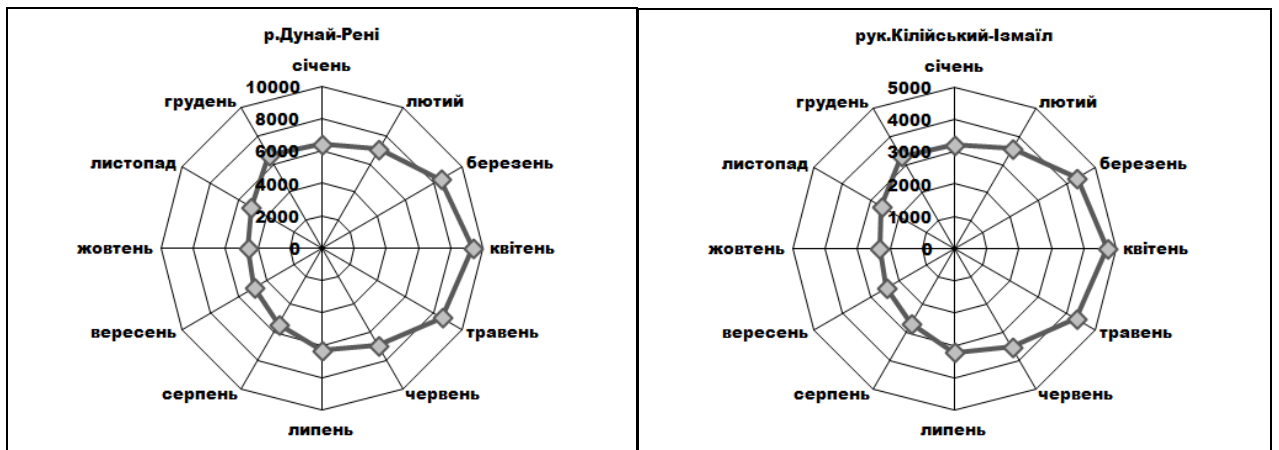


Рис.1.18. Сезонний розподіл середньобагаторічних витрат води р. Дунай у районі Рені та Кілійського рукава дельти Дунаю у районі Ізмаїлу [30]

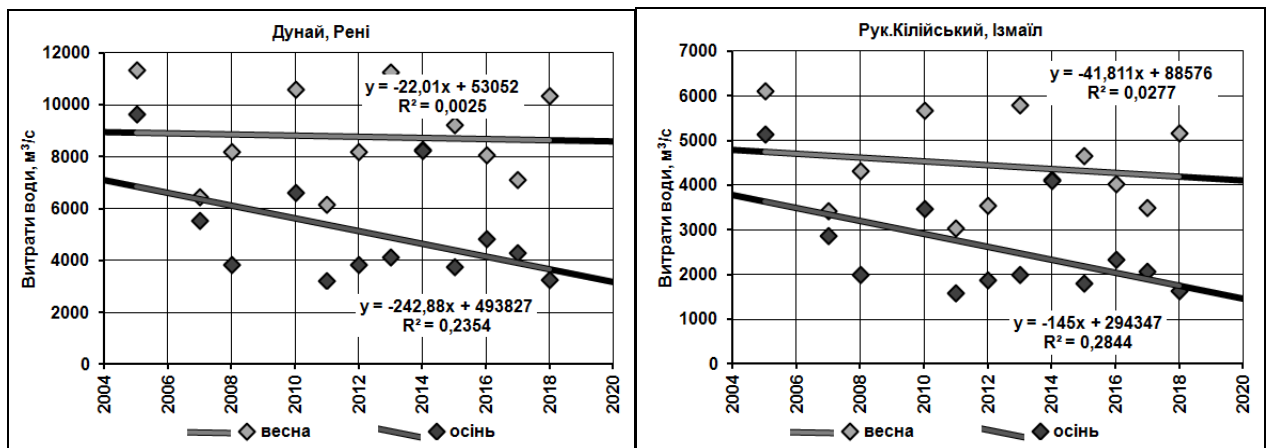


Рис.1.22. Міжрічна динаміка витрат води р. Дунай у районі Рені та Кілійського рукава дельти Дунаю у районі Ізмаїлу за маловодні осінні (вересень-листопад) та багатоводні весняні (березень-травень) сезони [30]

Як показує цей аналіз, помічена раніше загальна тенденція до зниження стоку більшою мірою зобов'язана внеску маловодного сезону, коли вона досягла рівня достатньо достовірної закономірності ($R=0,49$ по Рені й $R=0,53$ по Ізмаїлу), тоді як зміни стоку в багатоводний сезон були значно менш помітними.

Зауважимо, що вплив на цю динаміку безповоротного відбору води для охолодження АЕС у нижній течії Дунаю (скид відбувається у канал, що стікає безпосередньо у море) потребує дослідження, але його істотність викликає сумнів, адже АЕС зазвичай працюють у більш-менш сталому режимі, отже максимум відбору на охолодження має відбуватися у літні місяці, коли температура охолоджувальної води вище й охолодження менш ефективне. Водночас, мінімум витрат у дельті Дунаю спостерігається восени, що, як можемо припустити, пояснюється скоріше мінімумом опадів на водозбірній площі у попередні (літні) місяці, сукупно з ефектом запізнення, пов'язаним із часом добігання води з верхів'їв басейну.

Можна також зробити припущення, що помічені розбіжності у тенденціях мають свідчити про збільшення нерівномірності стоку. Це підтверджується, якщо порівняти коефіцієнти варіації витрат води по роках за досліджуваний період (рис. 1.23). Як можна побачити за динамікою цих коефіцієнтів, спостерігається чітка тенденція до підвищення нерівномірності стоку.

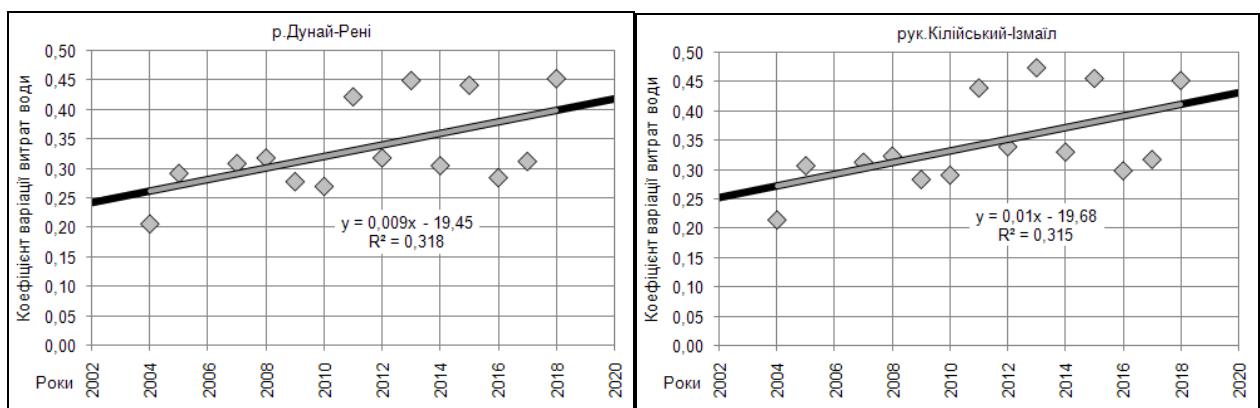


Рис.1.20. Міжрічна динаміка коефіцієнтів варіації витрат води р. Дунай у районі Рені та Кілійського рукава дельти Дунаю у районі Ізмаїлу [30]

Таким чином, зменшення водності річок – гостре та актуальне питання сьогодення як для річок України в цілому. Причини зниження водності у першу чергу природні, це насамперед кліматичні (підвищення температури повітря, збільшення випаровування, зменшення опадів та, як наслідок, зміна складових водного балансу річки), але антропогенні причини (потужне водокористування, значна зарегульованість стоку, зведення лісів на водозборах та ін.) не менш важливі, а в окремих випадках головні. При цьому спостерігається внутрішньорічний перерозподіл стоку, хоча середньорічні показники зменшуються, меженні, навпаки, збільшуються [35].

Наслідком кліматичних змін і господарської діяльності стало те, що внутрішньорічний розподіл стоку переважної більшості річок став більш рівномірним, ніж це було ще кілька десятиліть тому. Насамперед зменшилися витрати води у квітні-травні під час весняного водопілля. Максимальні витрати змістилися ближче до початку року [36]. Для рівнинної території України характерним є проходження весняного водопілля, для гірських території (Карпати та Крим) - паводків протягом року [37].

Так встановлено, що для середньорічних витрат води річки Ворскли характерна стійка тенденція до зниження, маловодні роки переважають над багатоводними, а з 1989 року триває маловодна фаза; значення показника максимальних витрат води різко знижується, 73,2% даних вибірки мають значення менше 161,3 м³/с, лише у 1980 році зафіксовано найвищий показник 585 м³/с, що у 1,3 рази нижче від максимального багаторічного показника витрат води по даному створу; динаміка мінімальних витрат води річки Ворскли показує хвилеподібну низхідну динаміку, за останні 10 років показник мінімальних витрат води знизився, і середнє його значення за період 2010–2019 рр. становить 2,23 м³/с, найнижчі мінімальні витрати води зафіксовані за період 1979–2019 рр. (1,52 м³/с), вищі – у 6,4 рази від мінімального багаторічного показника. Чітко прослідковується тенденція внутрішньорічного перерозподілу стоку коли річні показники зменшуються, а меженні, навпаки, збільшуються [38].

Таке ж явище спостерігається у басейнах річок Пруту та Сірету, де міжрічна мінливість та регіональні прояви змін атмосферних процесів та опадів зумовили внутрішньосезонний перерозподіл стоку. Середньомісячні витрати води продовж останніх десятиріч зменшилися в травні, червні, але збільшилися в липні, серпні, вересні та жовтні. Максимальні витрати води під час дощових паводків особливо збільшилися в липні та жовтні. Значна мінливість стоку свідчить про формування окремих високих паводків в ці місяці. Особливий виняток становить р. Чорний Черемош, де спостерігається значне збільшення як середнього, так і максимального стоку для всіх місяців теплого періоду (особливо у липні-серпні) [39].

Дослідження сучасних кліматичних змін та їх впливу на формування весняного водопілля у межах басейнів річок Півдня України показало, що зниження весняного стоку річок в останні десятиліття викликане змінами клімату у зв'язку з підвищенням температури повітря холодного періоду, відсутністю стійкого снігового покриву та суттєвим зменшенням глибин промерзання ґрунтів зимою (в період з 1989 р.) та формуванні зимових відлиг; спостерігається тенденція до зміщення строків настання як максимальних снігозапасів, так і весняних водопіль до більш ранніх дат при більших втратах води на інфільтрацію в ґрунт [40].

В Україні зміни у кількості опадів у величезній мережі річок, водозборів і водоносних горизонтів можуть призвести до сценаріїв з високим ризиком затоплень по всій країні, завдати значної шкоди та загрожувати життю людей [41]. Зокрема підвищується ризик як осінніх, так і весняних паводків і підтоплень внаслідок збільшення кількості та зміни структури опадів. Це призводить до підвищення рівнів води у річках, озерах, водосховищах, внаслідок чого відбувається затоплення і підтоплення земель та замулення і засмічення земельних угідь у долинах рік. Наприклад, у 2014 р. через високий дощовий паводок на притоках Дністра внаслідок сильних дощів у 11 районах Карпатської та Передкарпатської частин Львівської області постраждало 128 населених пунктів.

Черкаське управління захисних масивів Дніпровських водосховищ зазначає, що безпосередньо в зоні впливу Кременчуцького водосховища затоплення великих територій характерне насамперед для його верхової частини (від Черкаського мосту уверх за течією до Канівської ГЕС). При цьому значний вплив на рівневий режим тут мають кліматичні фактори, а, отже, – і кліматичні зміни [42].

Наприклад важливою особливістю річки Прут є велика водність і часті паводки. Наслідки глобальних змін клімату проявляються у підвищенні частоти прояву екстремумів протягом останніх десятиріч. Паводки – це тимчасова акумуляція на денній поверхні значної кількості водної маси з великою потенційною енергією, яка активно впливає на верхню зону геологічного середовища. Басейн р. Прут характеризується високим ризиком виникнення паводків і пов'язаних з ними процесів (руйнування берегів річок, затоплення територій). Значні паводки відбулися у 1911, 1927, 1941, 1955, 1969, 1980, 1988, 2002, 2008, 2010 роках [43].

Формування паводків спричинено природними і антропогенними чинниками. Природні чинники: - збільшення частоти випадання великої кількості опадів на значних територіях за короткий період (250-350 мм за 2-3 дні). Повторюваність таких опадів за останні 35 років зростає. Збільшення випадків сильних дощів пов'язано із глобальними змінами клімату [44].

1.1.2.3. Зміни берегової лінії водосховищ та озер під впливом змін клімату

Вивчення матеріалів розвитку берегів дніпровських та інших великих рівнинних водосховищ за понад 50-ти річний період їх експлуатації показало, що водосховище успадковує від затопленої ним річкової долині конфігурацію та геолого-геоморфологічну будову берегових схилів, розташованих вище новоствореної лінії урізу води, тобто місцевої базису ерозії. Система плес і перекатів, сформованих течією води в річці проявляється в береговій зоні водосховищ у вигляді мисовидних виступів і бухт. Отже на першій стадії

інтенсивного формування профілю берега відбувається активне, в першу чергу абразійне, вирівнювання берегової лінії водосховища. В результаті зрізуються і відступають миси та повільно заповнюються наносами, переважно за рахунок стокових течій, затоки. На цій стадії берегові відмілини практично відсутні, так як і вздовжберегові потоки наносів. Матеріали розмиву берегових уступів поперечними течіями скидаються тут же в пониження біля підводних схилів. Найактивніше процеси вирівнювання берегової лінії відбуваються на мисах абразійно-обвальних берегів, найповільніше – на абразійно-денудаційних берегах [45].

На зміну стадії абразійного вирівнювання берегової лінії приходить стадія абразійно-акумулятивного вирівнювання, характерними рисами якої є наявність вздовжберегових потоків наносів та берегових відмілин. В результаті вздовж берегових уступів формуються динамічні системи берегів, котрі включають ділянки розмиву, до яких прилягають обабіч ділянки транспорту наносів і ділянки акумуляції, де відкладається транспортований матеріал [96].

Наступна стадія розвитку берегів отримала назву «кінцевої стадії» чи «стадії динамічної рівноваги». Вже зараз на ряді дніпровських водосховищ виявлені ділянки, де провідним фактором формування берегів виступає не хвилювання, а вздовжберегова течія та пов'язані з нею потоки наносів і динамічні системи берегів. Це означає, що стадія абразійно-акумулятивного вирівнювання плавно, через короткочасну стадію динамічної рівноваги на ділянках транспорту наносів, переходить в стадію абразійно-акумулятивного розчленування берегів. Миси, які були абразійними, стають ділянками акумуляції наносів, а бухти із ділянок акумуляції перетворюються в ділянки розмиву вздовжбереговими течіями [45].

Еколого-гідроморфологічний аналіз формування берегової зони дніпровських водосховищ дозволив виявити основні закономірності і екологічні особливості прояву процесів формування берегів, для яких, як і для абіотичних процесів взагалі, характерні: спадковість, проявами якої є інерційність і мінливість; спрямованість, в результаті якої формується єдина

гетерогенна поверхня берегів і ложа водосховищ; незворотність, що призводить до формування сучасної біотопічної структури водосховищ.

Результати досліджень показують, що береги дніпровських водосховищ продовжують розмиватися. Через їх руйнацію під водою щорічно пропадають сотні гектарів родючих земель [46]. Руйнування берегів водосховищ також наносить значну шкоду розташованим на їх берегах об'єктам (населеним пунктам, дорогам тощо). Загальні втрати земель за період експлуатації водосховищ Дніпровського каскаду вже на 2008 рік становили 6500 га [47]. Для мінімізації цього явища було виконано величезний обсяг з берегоукріплення [46]. Це пов'язано з тим, що фізико-географічні, у тому числі кліматичні, структурно-геологічні умови та коливання рівня води можуть тривалу годину утворювати провідні фактори формування берегів, що визначає інерційність берегового процесу, тобто збереження залежності між показниками процесу та характеристиками провідних його факторів і умов. Так, на Дніпровському каскаді до правобережного плато зі складною геологічною будовою тяжіють абразійно-обвальні-осипні, зсувні, денудаційні береги; до заплави і другої надзаплавної тераси – абразійно-обвальні береги; до борової першої надзаплавної тераси і високої заплави – абразійно-осипні береги. Лівобережжя дніпровських водосховищ – це затоплені і підтоплені заплави і надзаплавні тераси Дніпра, які утворюють мілководні і мілководно-осушні зони та нейтральні (переважно біогенні) береги значної протяжності – близько половини периметру каскаду. Ці береги успадковують ерозійні береги Дніпра на більш ранніх стадіях формування річкової долини – періоди формування заплави, першої і другої надзаплавних терас. Вихідний рельєф і геологічна будова річкової долини, в якій створене водосховище, на тривалий час вносять постійний (стаціонарний) вклад в динаміку берегів, визначають їхні типологічні характеристики, морфометрію, орієнтацію і розчленованість берегової лінії [45].

Заповнення водосховищ Дніпровського каскаду призвело до активізації багатьох негативних природно-техногенних процесів, зокрема абразійних,

гравітаційних, суфозійно-карстових, дефляційних, підтоплення тощо [48]. Тому у багатьох місцях береги дніпровських водоймищ легко руйнуються під впливом хвильової, вітрової та водної ерозій. Загальна протяжність берегів, що розмиваються складає (без Каховського водосховища) близько 614 км, або 24 % всієї протяжності берегової лінії [49].

Встановлено, що суттєвої переробки зазнає правий берег Київського водосховища від с. Міжгір'я до с. Старі Петрівці, де в результаті прибійно-хвильової діяльності сформувалися абразійно-зсувний та абразійно-обвальний береги [50]. Обвали та осипища спостерігаються від с. Сухолуччя до гирла р. Ірпінь та вздовж схилу другої над заплавної тераси від гирла р. Ірпінь до с. Старі Петрівці.

Дуже високою інтенсивність переробки берегів була в перші роки після заповнення чаші водосховища. Потім вона знизилась, що пояснюється зрізом рівня водосховища та формуванням узбережної відмілини. На ділянках, де береговий уступ складений з мергелів київської світи палеогену, що мають високу стійкість до абразійних процесів, переробка берега за останні роки не зафіксована [50].

Найстаріше із дніпровських водосховищ Дніпровське. Воно має найдовшу історію експлуатації тому, на думку ряду авторів, максимально наблизилося до вироблення профілю рівноваги [51,52].

Проведений С. М. Сердюком аналіз наукової інформації про стан цього водосховища підтверджує той факт, що процеси деградації прилеглих територій вже минули фазу розквіту, а за результатами прогнозування та натурних спостережень сьогодні можна виділити ділянки, де переробка берегів ще триває. Це є наслідком гідродинамічного впливу, який зумовлений переважно вітровими хвилями; ерозійно-аккумулятивними процесами в руслі Дніпра та гравітаційно-денудаційними процесами на прилеглих до русла схилах заплави і терас. За таких умов виникають нові зсуви, осипи та інші явища, але масштаб у просторі і часі цих процесів вже істотно менший й самі процеси відбуваються повільно. У затоках і на плесах проявляються процеси заболочення, заростання,

замулення дна та берегів. одночасно активізація процесів руйнування берегів може бути спричинена передусім перш за все форсованим рівнем водосховища та несприятливими метеорологічними умовами. Тому з погляду стійкості берегів необхідно зберігати наявний рівневий режим водойми [53].

Процеси перетворення берегів спостерігаються на всіх водосховищах. Наприклад, на початку існування Хрінницького водохранилища на річці на річці Стир в адміністративних межах Рівненської області та Волинської області процеси перетворення берегів характеризувались високими темпами, місцями до 10 м/рік. Найбільш динамічна зміна берегів шляхом абразії, обвалів, осипів, зсувів відбувалася в умовах максимальної крутизни схилів і значного перевищення берега над урізом води. Після повторного наповнення водосховища абразійні та схилові процеси стабілізувалися у зв'язку із заростанням їх асоціаціями чагарників, а також появою в прибережній зоні щільних гідрофітних угруповань (рогіз широколистий і вузьколистий, айр звичайний) [54].

На сьогодні стан берегів великих рівнинних водосховищ оцінюється як на початку етапу стабілізації [45].

1.2. Наявність знижених ділянок рельєфу біля морів та водосховищ України, які можуть бути затоплені

Оцінка потенційних наслідків та адаптації до зміни клімату в Європі протягом останніх десятиліть показала, що берегові території зазнали процесів видозміни та інтенсивного освоєння, внаслідок чого вони стали більш вразливими до підвищення рівня моря. Встановлено, що протягом останніх 100 років 70 % піщаних берегових ліній європейських держав відступили вглиб території [55].

В Україні процес затоплення прибережної суші без істотних змін її рельєфу характерний для відмілілих мулистих та дрібнопіщаних берегів напівізовольованих акваторій, де вплив хвилювання незначний. Такі береги

характерні, наприклад, для північно-західного Причорномор'я. Вважається, що при підвищенні рівня на 1 см піщані береги відступають на 2 – 3 м.

На Чорному морі здіймання рівня води призведе до пасивного затоплення дуже низьких ділянок берегового суходолу, тому необхідна раціональна система розташування антропогенних об'єктів, яка повинна враховувати ступінь потенційної можливості затоплення відповідної території під час як штормових нагонів так і під час тривалих підйомів рівня моря. Так 9 жовтня 2003 року було зафіксовано потужний катастрофічний штормовий нагін. Відбулося зростання рівня води в Чорному морі і були затоплені величезні площі низовинних прибережних територій. На узбережжі Каланчацького лиману вода проникла в глиб суші на 1,5 – 2,5 км, при цьому висота нагону становила 1,45 – 1,75 м. На узбережжі Джарилгацької затоки висота штормового підйому рівня становила понад 1,0 м на вирівняному березі і до 2,5 м в районі Каржинської затоки. У цих місцях вода проникала в сушу на відстань від 0,01 до 1,2 км [56].

Результати досліджень берегової зони Херсонської області показали, що на північних берегах Ягорлицької затоки, у межах Кінбурнського півострова на схід від села Покровка, а також на берегах у межах південної частини затоки біля ділянки Вільний Порт рівень моря здійснюється у 5,8 разів швидше ніж поглиблюється підводний схил та переробляється рельєф берегової зони. Тому до 2100 року висота затоплення тут може скласти від 0,5 до 2,0 м вище за ординар 1990 року [57]. Найбільш небезпечною ділянкою є вузька частина перешийка Гіркий кут та берега Джарилгацької затоки. На цих частинах фіксуються найбільші швидкості абразії в регіоні, а це може призвести до зникнення перешийка, та перетворення півострова на острів. Щоб запобігти цьому в межах перешийка були побудовані захисні споруди зі старих шин та залізобетонних споруд. Ці споруди на деякий час стабілізували ситуацію, але катастрофічні здіймання рівня останнього часу показали, що берегозахисні споруди в цьому регіоні повинні мати інший вигляд. У той же час найбільш раціональним буде не система берегозахисних споруд, а раціональна система

розташування антропогенних об'єктів, яка повинна враховувати ступінь потенційної можливості затоплення відповідної території [2].

На Азовському морі характерною особливістю берегів є велика кількість кіс. Коси є і на сході, і на півдні. Однак, коси, орієнтовані вглиб Азовського моря є тільки на північному узбережжі, це результат тривалої роботи морських хвиль і течій, що намили вздовж берега ракушник [58].

Швидкості течій в придонному шарі моря, викликаних дією штормових вітрів, як було встановлено раніше, здатні викликати інтенсивні літодінамічні процеси в прибережній зоні Азовського моря.

Наведені факти свідчать, що хоча прямої статистичної залежності між зміщенням рівня поверхні моря та розмиванням берегової лінії відзначено не було, є велика можливість стоку морської води на знижені ділянки рельєфу під час підвищення рівня води в морі. К тому же, наприклад, в межах Арабатської Стрілки, що відноситься до території Херсонської області, до ділянок зі зниженим рівнем поверхні відносять район протоку Тонкої та Верблюжачої, низьке місце між Генгоркой та Щасливцевим, та вузьке місце між Щасливцевим та Стрілковим [59].

Стан берегів великих рівнинних водосховищ України оцінюється на сьогодні як на початку етапу стабілізації [45]. Водночас береги дніпровських водосховищ продовжують розмиватися. Через їх руйнування відбувається як втрата берегових територій (щорічно сотні гектарів родючих земель [46]), так і постійна небезпека затоплення прилеглої до водосховищ місцевості на площі понад 200 тис. га. Нині тут нараховуються 20 захищених масивів, на яких виконуються заходи щодо зменшення підтоплення і затоплення території. Основними складовими цього захисту є дамби на берегах водосховищ, а також насосні та компресорні станції [60].

В 1994 – 2019 рр. у районі басейну річки Дніпро було виявлено 74 подій пов'язаних із затопленнями території річковими водами (рис. 1.21). На основі виконаної оцінки ризиків затоплення були визначені території, які мають потенційно значні ризики затоплення (рис. 1.22) [61].

1.3. Точкові та дифузні джерела забруднення морського середовища Азовського та Чорного морів

Наприкінці минулого століття екосистема Чорного моря і насамперед його північно-західна частина (ПЗЧМ) зазнала значної трансформації під впливом антропогенного навантаження та зміни природних кліматичних факторів. Перевищення обсягів надходження різних забруднюючих речовин, у тому числі біогенних речовин, над асиміляційною ємністю морської екосистеми призвело до забруднення морських вод і донних відкладень, розвитку широкомасштабних явищ евтрофікації та гіпоксії, появи сірководневих зон і, загалом, до деградації біоценозів [62].

При цьому вказується, що зміни в екосистемі ПЗЧМ відзначаються, як правило, на тлі кліматичних змін, які значною мірою впливають на формування режиму стоку річок, термохалінного та динамічного стану вод і загалом на морську екосистему [63].

Ще у 2017 році відзначалася негативна тенденція до скидання у поверхневі водойми забруднених стічних вод, кількість яких на той час збільшилась вже у 1,5 рази [64].

Дослідження УкрНЦЕМ та УКРНДІЕП свідчать, що найбільший вплив на морське середовище Чорного моря у 2003 – 2005 рр. мали точкові джерела – підприємства по очищенню комунально-побутових стічних вод та промислові підприємства, а саме: комунальні очисні споруди м. Севастополь, СБО «Північна» м. Одеса, СБО «Південна» м. Одеса, комунальні очисні споруди (КОС) м. Євпаторія, Ялта, Балаклава, Гурзуф Красноперекоськ, Іллічівській МТП – м. Іллічівськ, ВАТ «Бром» – м. Красноперекоськ [65,66].

Аналіз Національних доповідей України про стан довкілля Чорного моря, регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища та екологічних паспортів приморських областей України за багато років показав, що на якість морського середовища в значній мірі впливають забруднення, які надходять до акваторії внутрішніх морських вод з об'єктів, розташованих в прибережній смузі. Таких джерел існує значна кількість, але найбільша частина

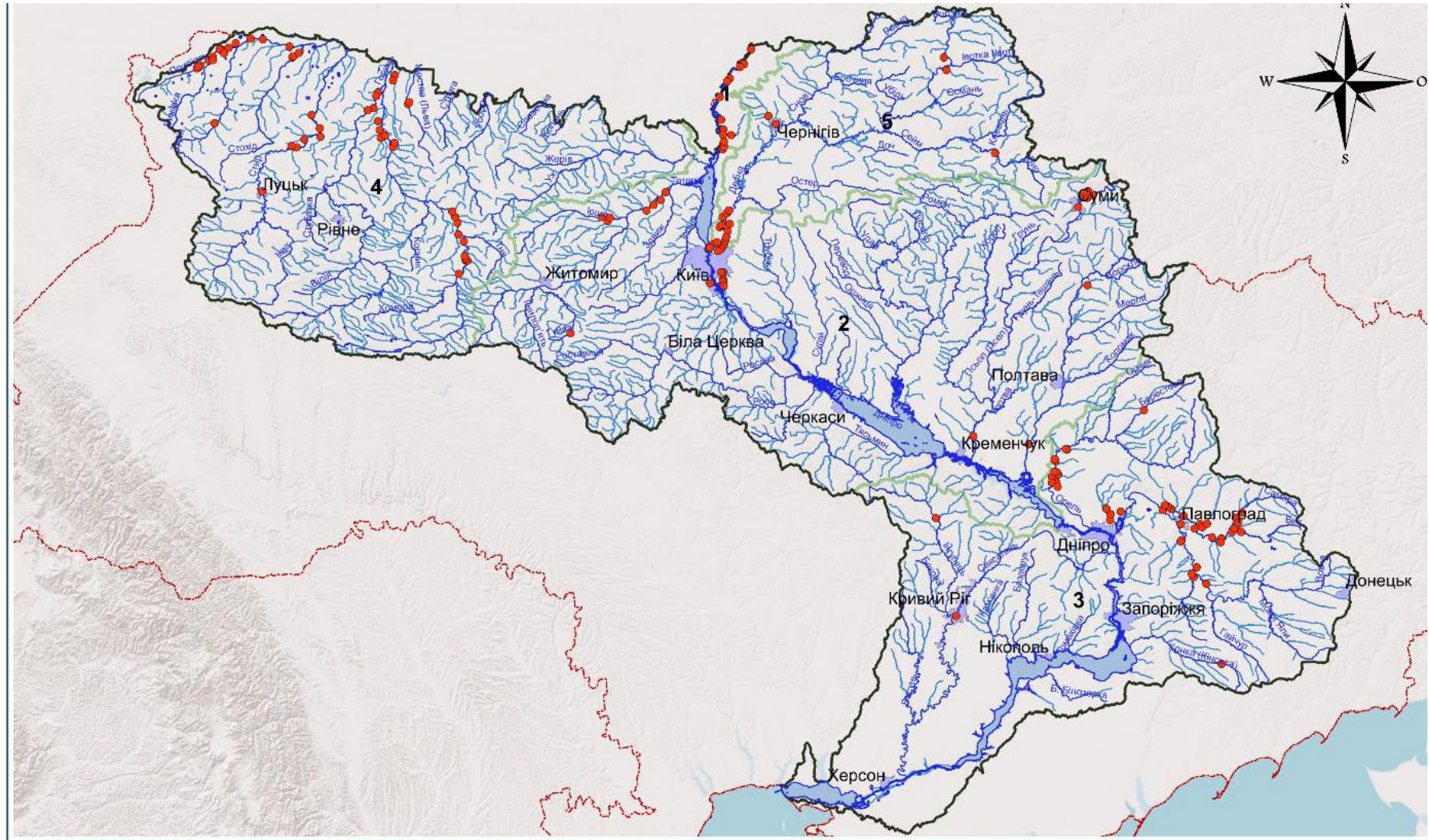


Рис. 1.21. Затоплення річковими водами в район басейну річки ріки Дніпро у 1994 -2019 рр. [61]

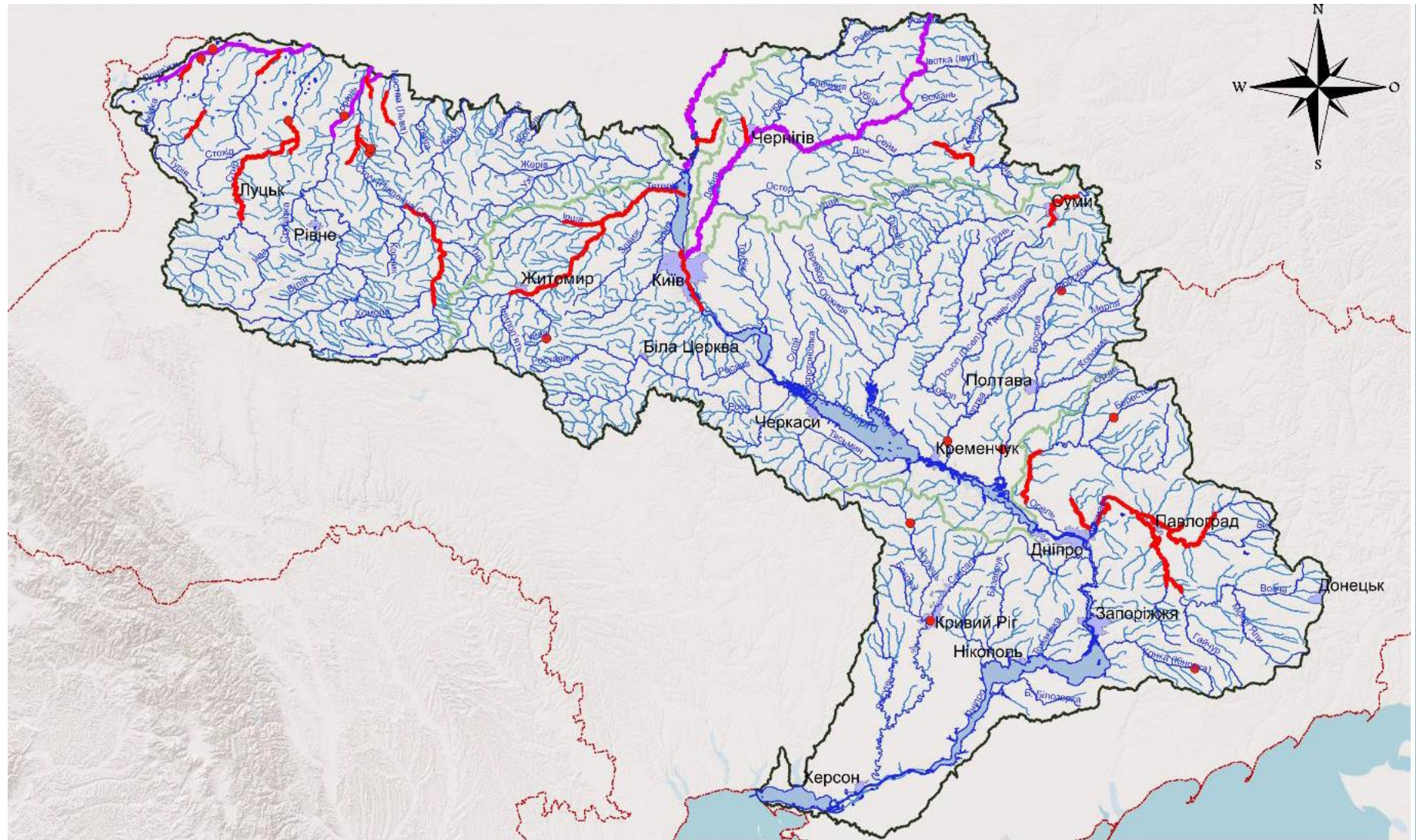


Рис. 1.22. Території, які мають потенційно значні ризики затоплення у районі басейна ріки Дніпро [61]

від загального об'єму забруднення приходить на долю виробничих підприємств водопровідно – каналізаційного господарства, стічні води яких приносять великі обсяги забруднюючих речовин до внутрішніх морських вод України. При цьому загальний обсяг забруднення антропогенного походження, який вноситься в Чорне море з берегової зони, становить близько 10 – 15 % від загального забруднення морського середовища. Воно формується внаслідок впливу на морські води стаціонарних та дифузних джерел забруднення, впливу скидів зворотних вод з промислових підприємств, стоку з сільськогосподарських угідь та іригаційних систем, скидів з муніципальних очисних споруд, господарської діяльності в портах та внаслідок забруднення прибережних зон в результаті судноплавства [64].

До точкових джерел забруднення відносяться джерела надходження до водного об'єкту забруднюючих та біогенних речовин, надходження яких обумовлено локальним скиданням. Це скиди зворотних вод від комунального господарства, промисловості, агропромислового комплексу.

До дифузних джерел забруднення відносяться джерела неконтрольованого надходження до водного об'єкту забруднюючих та біогенних речовин шляхом їх змиву з водозбірної площі. До дифузних джерел відносяться сільгоспугіддя, забудовані території та інш.

Найбільший внесок забруднюючих речовин, зокрема біогенів та нафтопродуктів, до прибережних вод Чорного моря належить р. Дунай. Об'єм стоку р. Дунай складає приблизно 80% сумарного стоку інших річок, що надходить до північно-західної частини Чорного моря [66].

Значним джерелом забруднення в прибережній смузі є дифузні джерела. Поверхневий зливовий стік, як основний шлях надходження забруднення від дифузних джерел, призводить до значного забруднення прибережних вод, особливо бактеріального та нафтового. Найбільш помітним вплив цього стоку є біля великих міст, насамперед Одеси, Миколаєва, Херсона. З поверхневим стоком з сільськогосподарських угідь до морських акваторій надходять не

тільки завислі речовини, а також значна кількість незасвоєних добрив та пестицидів [64].

Картосхеми головних точкових джерел забруднення зворотними водами Чорного моря та антропогенного навантаження у прибережній зоні Чорного моря представлені на рис. 1.23 та 1.24.

Інвентаризація точкових джерел забруднення морського середовища Азовського моря показала наявність двох складових частин:

1. Точкові джерела забруднення – джерела надходження забруднюючих та біогенних речовин до водного об'єкту, спричинене їх локально визначеним скиданням. До точкових джерел забруднення належать скиди зворотних вод комунального господарства, промисловості, агропромислового комплексу. Для Азовського моря дуже значний вплив на якість Азовського моря до війни с рф чинили випуски меткомбінату "Азовсталь" (м. Маріуполь) та ПАТ "Маріупольський МК ім. Ілліча". Крім того, чинили вплив КП "Генічеське ВУВКГ" (м. Генічеськ) та скиди зрошувальних систем до оз. Сиваш.

2. Дифузні джерела (розосереджені) – джерела неконтрольованого надходження забруднюючих та біогенних речовин до водного об'єкту шляхом їх змиву з водозбірної площі. До дифузних джерел відносяться сільгоспугіддя, забудовані території та інші. Окрім того, до дифузних джерел відноситься забруднення донних відкладів та атмосферного повітря. Для дифузних джерел характерно розосереджене надходження забруднюючих речовин до морського середовища [67].

1.4. Вплив кліматичних змін на спалахи «цвітіння» поверхневих і морських вод

«Цвітіння» вод є широко розповсюдженим негативним явищем, яке здатне істотно погіршити якість водних ресурсів і умови існування біоти гідроекосистем, причому дуже швидко й на великих акваторіях, що пов'язано із достатньо високим ризиком екологічних катастроф. Останніми роками було проведено цілу низку досліджень, спрямованих на

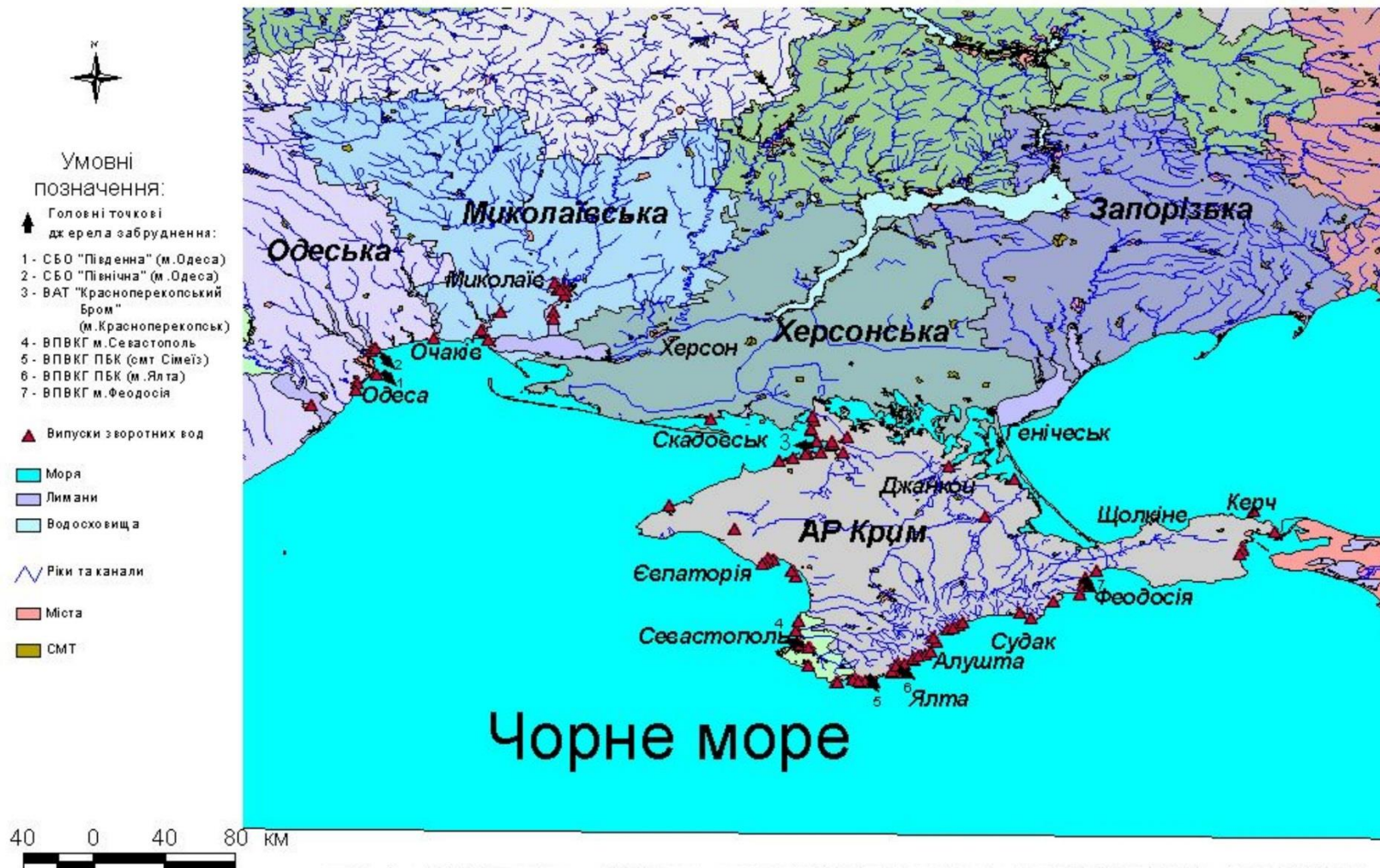


Рис. 1. 23. Картосхема головних точкових джерел забруднення зворотними водами Чорного моря [64]

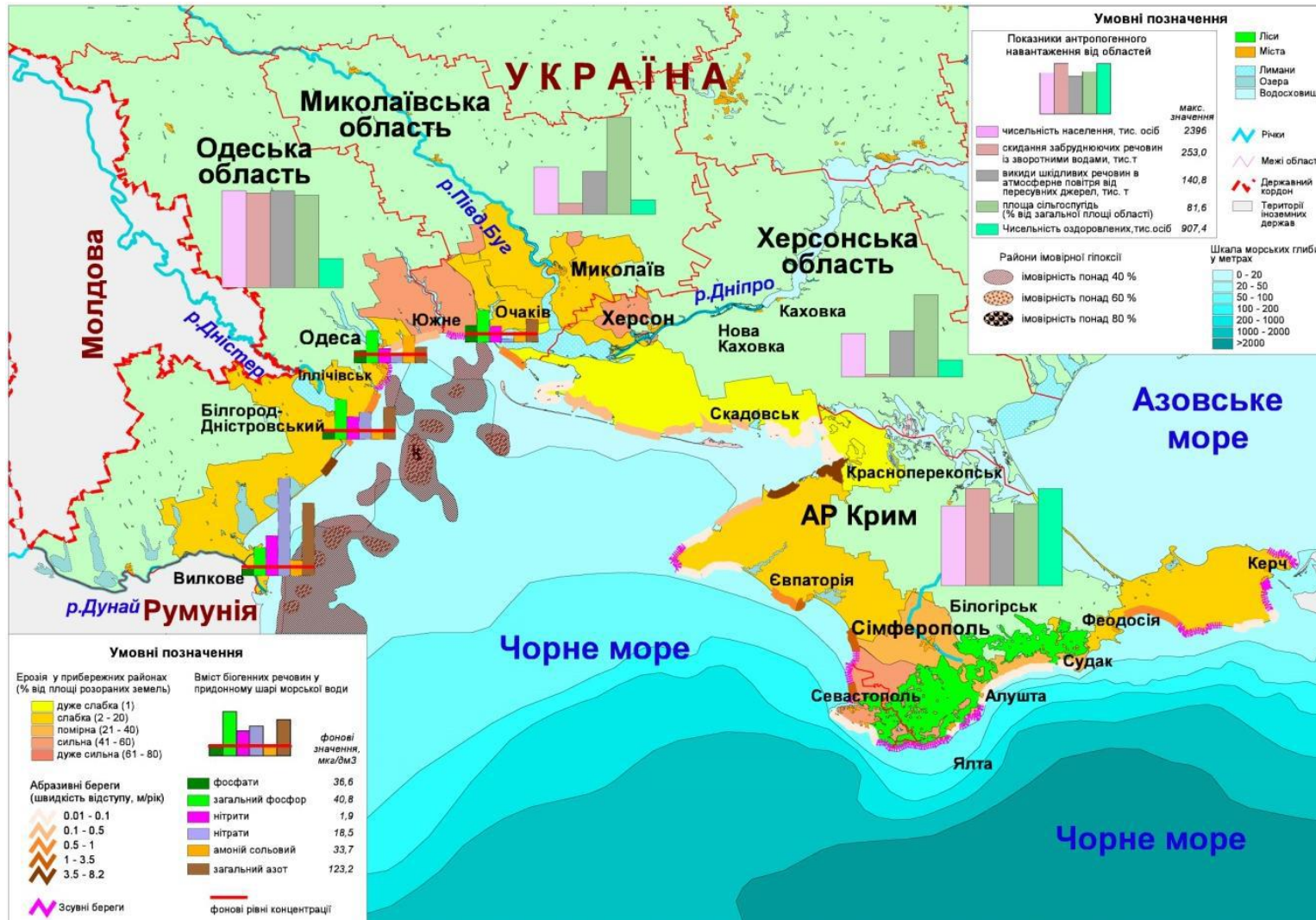


Рис. 1.24. Карта «Антропогенне навантаження у прибережній зоні Чорного моря» [68]

вивчення можливого впливу кліматичних змін на склад і розвиток фітопланктону, процеси евтрофікації, а також частоту, тривалість й інтенсивність спалахів «цвітіння» морських і поверхневих вод. Оцінювалися також супутні ризики, пов'язані з масовим розвитком токсичних синьозелених водоростей. Вивчалися реакції планктонних водоростей на зміни температурного режиму, умов освітлення й вмісту біогенів, як у природних умовах, так і у мікрокосмах. У низці робіт [69-73] розглядалися теоретичні основи пов'язаних із «цвітінням» вод процесів, або достатньо загальні закономірності взаємодії з цими процесами кліматичних чинників. Реакції на кліматичні зміни фітопланктону прісноводних екосистем вивчалися у роботах [69,71-73]. Натомість, спалахи «цвітіння» у морях і океанах вивчалися у роботах [70-72,74,75]. Досліджувалася реакція планктонних водоростей на зміни характеристик середовища існування у штучних умовах [76-78] мезо- та мікрокосмів. Окремо розглядалися також питання збільшення ризиків появи альготоксинів [72,79], а також ризиків від супутніх патогенних мікроорганізмів [80] підчас спалахів «цвітіння».

Стверджується у багатьох роботах, наприклад [69-71], що глобальне потепління може збільшити частоту, тривалість і інтенсивність спалахів «цвітіння» вод.

З метою вивчення задіяних у впливі на «цвітіння» кліматичних чинників, було проведено [69] експерименти на озері, де періодичне штучне змішування не спромоглося контролювати «цвітіння», спричинене *Microcystis* протягом рекордно спекотного літа 2003 року. Було розроблено біологічно-фізичну модель, яка описує конкуренцію за світло між ціанобактеріями, діатомовими та зеленими водоростями фітопланктону евтрофних озер та визначає конкурентні переваги, пов'язані з метеорологічними умовами. Ця модель показує, що високі температури безпосередньо сприяють ціанобактеріям через збільшення швидкості росту (рис. 1.25).

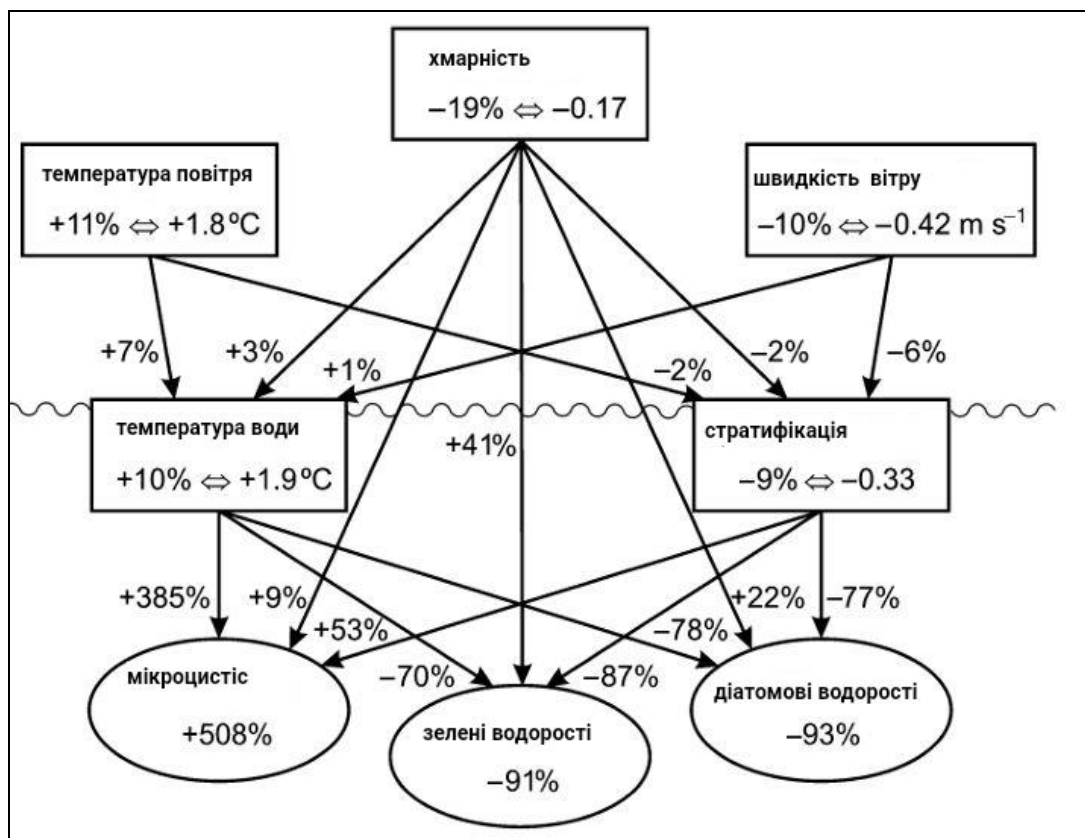


Рис. 1.25. Взаємодія пов'язаних із тепловими хвилями чинників, що впливають на розвиток «цвітіння» вод [69]

Крім того, зазначається [69], що високі температури також збільшують стратифікацію, що теж зміщує конкурентний баланс на користь ціанобактерій.

Водночас, при розгляді взаємодій із метеорологічними чинниками спалахів «цвітіння» морського планктону [70] (спричинених дінофлагелятами) показано складніші й неоднозначні взаємодії, пов'язані зі стимуляцією фітопланктоноїдних організмів. Втім, попри це, наголошується, що зниження за рахунок цих організмів біомаси фітопланктону не обов'язково знижує первинну продукцію системи (рис. 1.26).

Можна проте припустити, що йдеться про небезпечний, та все ж трохи менш «агресивний» збудник «цвітіння», ніж ціанобактерії, або про менші інтенсивності «цвітіння».

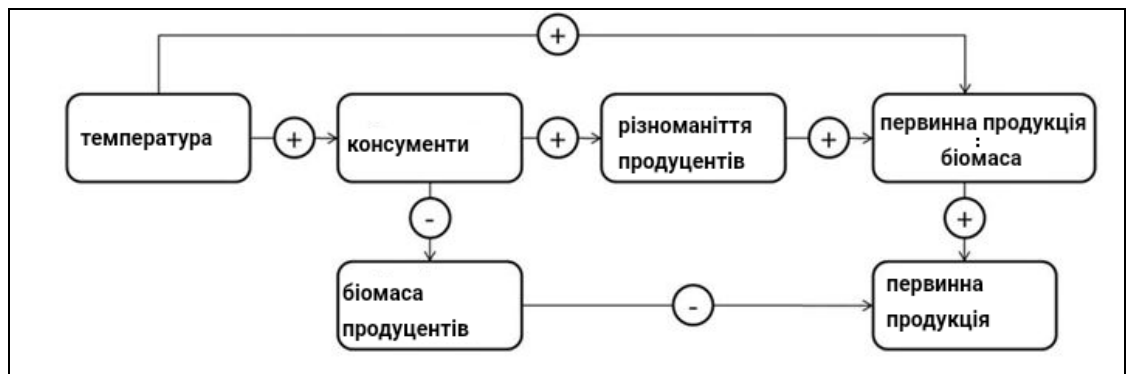


Рис. 1.26. Концептуальна модель впливу температури на біотичні взаємодії в морському планктоні [70]

Примітки: *мінус* означає негативне співвідношення; *плюс* – позитивне співвідношення.

Основною причиною потепління океану є накопичення CO_2 в атмосфері, що викликає її потепління. Крім теплообміну між океаном і атмосферою, велике значення має також підкислення поверхневих шарів океану [71]. При цьому вища доступність CO_2 надає потенціал для змін розподілу та кількості первинних продуцентів, які споживають неорганічний вуглець у процесі фотосинтезу. Існує гіпотеза, що біохімічні особливості динофлагеллят, які спричиняють більшість спалахів «цвітіння» у морях, надають їм конкурентну перевагу від підвищення рівня CO_2 , порівняно з іншими водоростями. Ця теорія підтверджується нещодавнім мета-аналізом, який продемонстрував, що темпи росту цих водоростей послідовно збільшувалися з підвищенням вмісту CO_2 , тоді як нешкідливі водорості не демонстрували цієї тенденції [71].

За твердженням [72], є загальновизнаним фактом, що інтенсивність, тривалість і частота спалахів «цвітіння» вод зростають у водних екосистемах всіх типів у глобальному масштабі, що частково пов'язано зі змінами клімату. Враховуючи, що ріст фітопланктону значною мірою визначається температурою, світлом і доступністю поживних речовин, не дивно, що ці взаємодії клімату та океану призводять до змін в угрупованнях фітопланктону та можуть впливати на появу спалахів «цвітіння».

У [72] зазначається, що реакція екосистем на широкомасштабні закономірності мінливості клімату не завжди однозначна. Підвищення

температури у верхніх шарах океану, передбачене майбутніми кліматичними сценаріями, збільшить стратифікацію водної товщі та по-різному вплине на ріст фітопланктону в глобальних масштабах. У термічно стратифікованих океанах тропіків і середніх широт посилення стратифікації та зменшення вертикального змішування зменшує надходження поживних речовин на поверхню, спричиняючи зменшення загального росту фітопланктону та біомаси. У цих регіонах перевагу отримують організми з меншими потребами в поживних речовинах або ті, які мають здатність вертикально мігрувати до шарів, багатих поживними речовинами. У вищих широтах (у полярних і субполярних океанах) очікується збільшення росту фітопланктону та його біомаси. У цих регіонах поживних речовин відносно багато, а ріст фітопланктону зазвичай обмежений світлом. Підвищена стратифікація внаслідок потепління у високих широтах від танення льоду сприятиме утриманню фітопланктону в освітленій верхній товщі води [72].

У [72] зазначається також, що види водоростей, відповідальні за небезпечні спалахи «цвітіння» вод складають лише невеликий компонент видового різноманіття фітопланктону, і їхня індивідуальна реакція на зміну клімату може відрізнитися від відповіді фітопланктону в цілому.

Більш високі підповерхневі температури та більш ранній початок літньої стратифікації, зумовлені скороченням зимового сезону, можуть спричинити значний вплив на екосистеми поверхневих прісних вод світу, що можна пояснити змінами в теплових режимах озер. Також зазначається, що збільшення стратифікації підвищить деоксигенацію озер, що вплине на мінералізацію поживних речовин і вивільнення фосфору з озерних відкладів. Крім того, для прісноводних екосистем більш суттєвим є вплив стану водозбірних територій, які теж зазнають впливу глобального потепління. Зокрема, вивчався вплив на навантаження поверхневих вод алохтонним фосфором із водозбірної території, як складова евтрофікації, спричинений змінами клімату. Результати моделі для данських озер показали збільшення від 3,3 до 16,5% протягом наступних ста років, залежно від типу ґрунтів і регіонау. Збільшення концентрації Р також відзначалося в теплих озерах посушливих кліматичних зон, незважаючи на

зменшене зовнішнє навантаження, через збільшення випаровування та зменшення притоку води [73].

Згідно з наявними сценаріями зміни клімату, прогнозується посилення екстремальних погодних умов, що призведе до більшої частоти сильних вітрів і дощів. Це посилення сильних вітрів і великої кількості опадів може позитивно вплинути на біомасу фітопланктону морів через збільшення змішування та навантаження поживними речовинами, зокрема в прибережних системах. Згадується також, що розвитку шкідливих видів водоростей (*Dinophysis spp.*, *Lingulodinium polyedra*) сприяв слабший апвелінг протягом основного сезону апвелінгу та тепліша вода наприкінці літа та восени; отже кліматичні тенденції до ослаблення літнього апвелінгу можуть збільшити ймовірність розвитку «цвітіння» [74].

Прямий вплив глобального потепління, підвищення температури води, може вплинути [75] як на сезонний склад фітопланктону (наприклад, посилений ріст видів, що цвітуть взимку/навесні під час підвищення температури взимку), включаючи зміни в сезонній послідовності, так і на біогеографічне положення кордонів (наприклад, міграція у більш високі широти для більш теплих водних видів у міру підвищення літніх температур). Проте, більшість збудників «цвітіння» є прибережними чи лиманними видами, які, як очікується, витримають принаймні помірні коливання температури на кілька градусів щодня. Тому температура як така не може бути, домінуючим фактором у реакції фітопланктону на зміну клімату, необхідно враховувати інші, непрямі, ефекти. До них належать:

- підвищення температурної стратифікації;
- кліматичні зміни апвелінгу;
- збільшення випаровування та атмосферних опадів з наступним збагаченням поживними речовинами стоку прісної води;
- збільшення хмарного покриву, що може зменшити доступність світла для фітопланктону;

- механізми зворотного зв'язку, за яким під час «цвітіння» поглинається більше сонячної енергії, що призводить до подальшого підвищення температури моря [75].

Експерименти у штучних умовах [77] продемонстрували зміни в структурі угруповання фітопланктону та процесі поглинання азоту, викликані підвищенням температури в поєднанні зі збільшенням концентрації фосфору. В експерименті були використані наступні аббревіатури: С - контроль; Т - температура води була підвищена на 4,5°C порівняно з контролем; Р - додавання 50 мкг/л фосфату кожні 2 тижні; Т+Р - додавання 50 мкг/л фосфату кожні 2 тижні та підвищення температури на 4,5°C. (рис. 1.27). Наголошується на необхідності врахування сукупного впливу потепління клімату та наявності фосфору на угруповання фітопланктону [31-9].

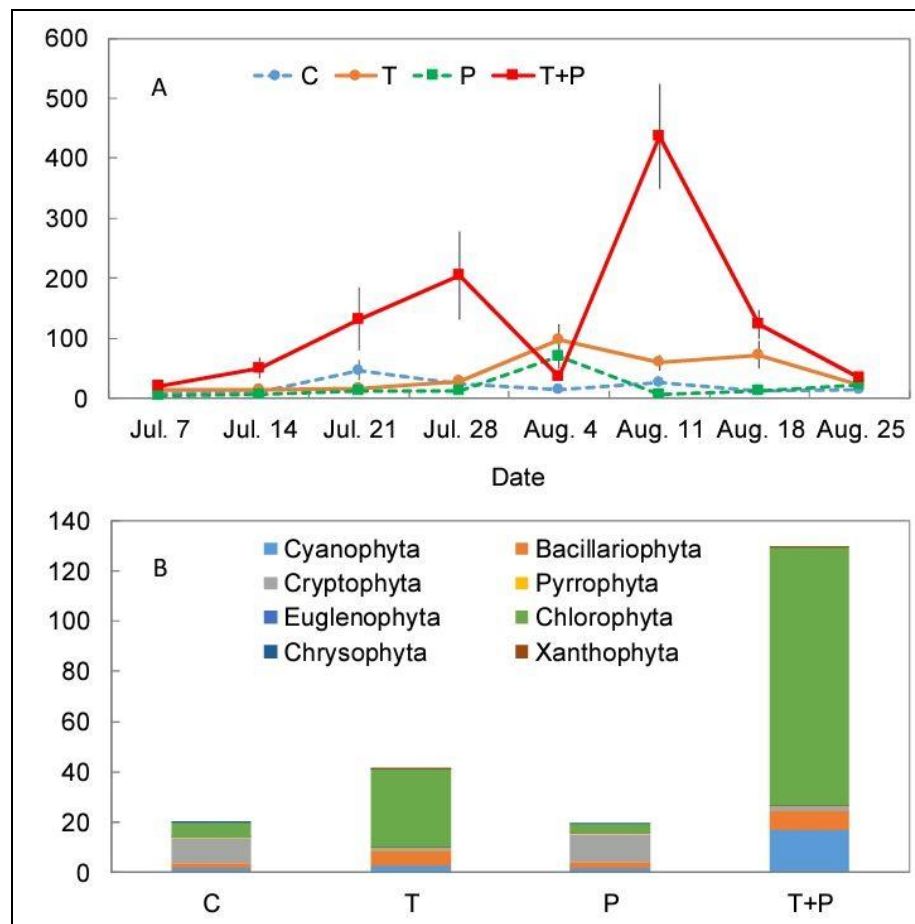


Рис. 1.27. Загальна щільність фітопланктону (А) та структура угруповання фітопланктону (В). Варіації в режимах С, Т, Р і Т + Р протягом літа в мезокосмах, [77]

1.5. Порушення кисневого режиму водойм в умовах зміни клімату

Розчинений у воді кисень належить до найважливіших фізико-хімічних показників, які впливають на екологічний стан водних екосистем. Він є одним із найбільш потужних природних окислювачів. Його вміст у великій мірі визначає якість води завдяки інтенсифікації процесів самоочищення, фізико-хімічної трансформації й гідробіологічного кругообігу речовин. Наявність кисню у воді також визначає можливість підтримання онтогенезу гідробіонтів. Для нормального розвитку риб необхідно мінімум 5 мг/дм^3 кисню, а зниження концентрації газу до 2 мг/дм^3 призводить до їх масової загибелі [82].

У той же час, зміни клімату впливають на гідрохімічний та гідрологічний режими водних об'єктів, що є однією з причин масової загибелі риб, що часто спостерігається, наприклад, у Харківській області [83].

Крім того, кисень відіграє вирішальну роль не лише для існування більшої частини водних організмів, але й має дуже важливе значення для перебігу процесів трансформації речовин, що потрапляють у поверхневі води зі стічними водами урбанізованих та промислових територій, а також зі стоками сільськогосподарських комплексів, розміщених на площі водозбору [84].

У липні 2024 року, у Центрі океанічних досліджень імені Гельмгольца Геомар у німецькому Кілі повідомили, що у всьому світі рівень насиченості води водойм киснем наближається до критичних показників. Така ситуація не тільки створює загрозу екосистемам, а й ставить під загрозу основи існування ключових громадських сфер та всієї планети. Зокрема, за даними дослідників, рівень кисню у світовому океані з 1960 року знизився приблизно на два відсотки. З огляду на гігантські обсяги води в океані, йдеться про величезні обсяги втраченого кисню, наголошується у дослідженні. У воді озер та ставків рівень кисню з 1980 року знизився на 5,5 та 18,6 відсотка відповідно. Знижується також насиченість киснем води річок та інших водойм [85].

Однією з головних причин зниження вмісту кисню у воді водойм є зміни клімату. Про це свідчать, зокрема, результати досліджень L. Meire із співавт. Ними встановлено, що зміна клімату та навантаження поживними речовинами –

це два основних аспекти глобальних змін, які пов'язані з збільшення поширеності берегової гіпоксії – виснаження кисню у придонних водах прибережних районів Північного моря. Шляхом моделювання проведено вивчення відносного впливу зміни клімату та стоку питних речовин на динаміку кисню в центральній частині Північного моря, яка зазнає літньої стратифікації. Симуляції були виконані з моделлю, яка поєднує гідродинаміку, пелагічну біогеохімію та діагенез осадів. Отримані результати свідчать, що зміни кліматичних умов будуть підвищувати ризик розвитку гіпоксії. У 2100 році прогнозовані концентрації кисню у придонній воді наприкінці літа будуть зменшуватися на 11,5%. Домінуючим фактором є більш інтенсивна стратифікація для цього зменшення (58 %) та знижена розчинність кисню при вищій температурі води (27 %). Інше частково пояснюється прискореним метаболізмом у тепліших придонних водах (15 %) [86].

Подібне було встановлено і для континентального шельфу у північній частині Мексиканської затоки. Тут спостерігається експансивна сезонна гіпоксія та підкислення придонних вод, спричинене евтрофікацією. Встановлено, що зміна клімату посилить наслідки евтрофікації побережжя у північній частині Мексиканської затоки [87].

В Чорному морі виявлені ознаки поступового зменшення кисневого шару, в межах якого існує більшість живих організмів Чорного моря (межа так званої “мертвої зони”, сірководневого шару, що зазвичай простягався від глибини 100 м до 2000 м, посувається ближче до поверхні). Цей феномен може спричинити екологічну катастрофу.

Чорне море являє собою велику зону кисневого мінімуму, що спричинено низкою природних та антропогенних чинників. Оскільки Чорне море є басейном напівзакритого типу, створюються умови для його недостатньої «вентиляції». Лише верхні 100 м водного стовпа насичені киснем за рахунок фотосинтезу та зимового перемішування, води ж нижче 100 – 150 м (близько 87% загального об'єму моря) позбавлені кисню. Крім цього величезного безкисневого резервуару у центральній глибокій частині Чорного моря, існують зони періодичного кисневого мінімуму на південно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ). Тут

формування зон кисневого мінімуму має сезонний характер і спричиняється комплексним впливом антропогенної евтрофікації та потеплінням [88].

Розвиток процесу евтрофікації вод ПЗЧМ відзначається з 60-х років минулого століття. З початку 70-х років ХХ століття гіпоксія у цьому регіоні стала щорічним явищем. Вона охоплює всі зростаючі площі, хоча трапляються коливання, пов'язані з водністю рік і синоптичною мінливістю. У найгірших випадках гіпоксія та замори охоплюють у ПЗЧМ понад 30 – 40 тис. км² [89].

Наголошується, що процеси зниження концентрації кисню та розвитку придонної гіпоксії спостерігаються на загальному тлі потепління клімату. Аналіз міжрічних змін середнього вмісту кисню у літній сезон у придонному шарі води ПЗЧМ показав, що внаслідок антропогенного впливу та евтрофікації води концентрація кисню у літній період з кінця 90 рр. зменшилась у середньому на 1,5 мл/л (23,7% насичення). Отримано емпіричну залежність площі поширення гіпоксії у глибинній кулі у літньо-осінній період від умов весняного прогріву та площі шельфових вод (рис. 1.28) [90].

Про несприятливий кисневий режим у Чорному морі повідомляється і в Національній доповіді про стан довкілля в Україні у 2021 році, коли несприятливий кисневий режим спостерігався у ПЗЧМ переважно у придонних шарах води в районі узмор'я Дунаю [91].

Крім впливу на вміст кисню в морях, зміни клімату також відбиваються на кисневому режимі прісних водних об'єктів. Так вважається, що зміни клімату змінюють термічну стратифікацію в озерах усього світу. Зменшення зимового змішування призводить до тривалого виснаження кисню, яке триває від років до століть і потенційно стає постійним. Модель асиміляції 150-річних лімнологічних та палеолімнологічних даних для оцінки антропогенного впливу на рівень розчиненого кисню свідчить про вплив зміни клімату на придонну концентрацію кисню у Женевському озері. Причому раніше безпрецедентну гіпоксію донних вод озера викликала евтрофікація, яка продовжалася сторіччя, а не потепління клімату. Однак до 2100 року головною рушійною силою розвитку у Женевському озері гіпоксії стане зміна клімату. Створена авторами модель

показує зміни річної тривалості донної гіпоксії та концентрації кисню. Розрахункові дані свідчать, що найглибші шари води озера (270 – 300 м) зазнають середньорічної щоденної мінімальної концентрації кисню 2,0 – 3,0 мг/л та гіпоксії тривалістю 134 – 226 доб/рік до кінця століття. Це на відміну річна тривалість гіпоксії не буде такою тривалою, як це було у минулому (1973 – 2020 рр.). Очікується від сучасної середньої концентрації 1,2 мг/л протягом 246 доб/рік (табл. 1.1) [92].

Таблиця 1.1. Середня тривалість гіпоксії та мінімальної річної концентрації кисню у воді Женевського озера за моделями Laura Soares із співавторами [92]

Показник	Період				
	Минулий	Сучасний	Прогнози на майбутнє (2050 – 2100 рр.)		
			Сценарії		
Роки	до 1950 рр.	1973 – 2020 рр.	SSP1– RCP2.6	SSP3– RCP7.0	SSP5– RCP8.5
Тривалість гіпоксії (доб/рік)	15	246	134	166	226
Мінімум розчиненого у воді кисню, мг/л	5,5	1,2	3,0	2,6	2,0

У літературі взагалі відзначається загальна думка, що озера взагалі можуть розглядатися як сторожі зміни клімату, хоча це не було ретельно проаналізовано. Зокрема, на зміну клімату можуть вказувати концентрації кисню в озерах, оскільки рівні кисню знаходяться під сильним впливом температури та термічної структури [93]. Так, наприклад, надзвичайно тепле європейське літо 2003 року призвело до тривалого термічного періоду стратифікації та підвищення виснаження кисню у гіполімнеоні озер Цюрих та Грайфензеї у Швейцарії. При цьому дані натурних досліджень узгоджувалися з прогнозами імітаційних моделей. Результати цих досліджень вказують на те, що кліматичне потепління збільшить ризик виникнення глибоководної аноксії [94].

Площа, тис. км²

Кисень, мл/л

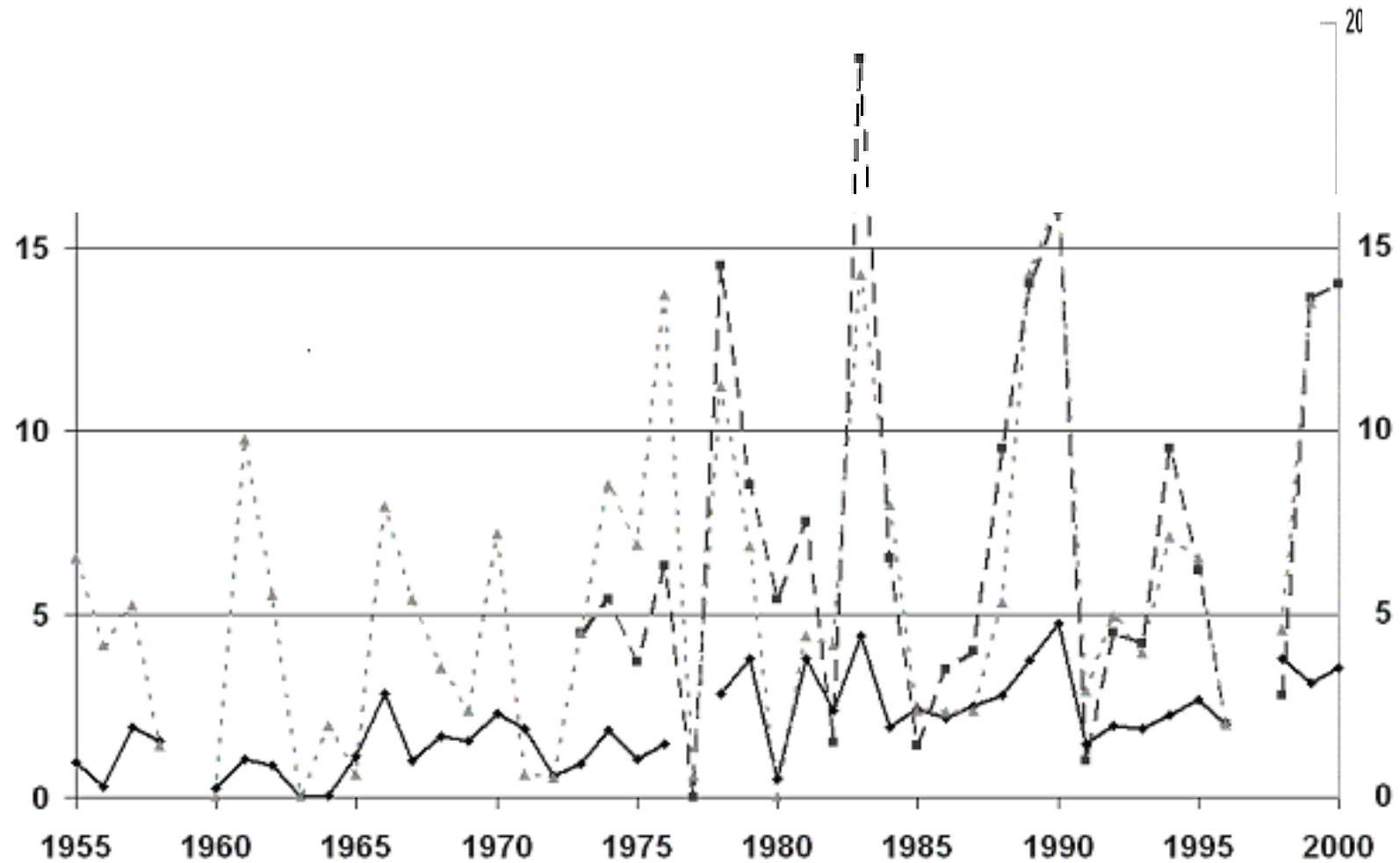


Рис. 1.28. Площа гіпоксії у ПЗЧМ, обчислена за натурними даними і розрахована за моделлю, та середній вміст кисню в теплий період року у шарі води 15-30 м, [90] Примітки: -* - фактична площа гіпоксії, тис. км²; площа гіпоксії за моделлю, тис. км²; — рівень кисню у воді, мл/л.

Було проведено моделювання реакції гідродинаміки та якості води субтропічного озера Адванстаун в субтропічній східній Австралії на майбутні зміни клімату з 2040 по 2069 рік і з 2070 по 2099 рік. Комбінована модель відтворювала гідродинаміку і теплову структуру в озері та показала хорошу узгодженість із температурою води, розчиненим киснем та іншими змінними якостями води впродовж базового періоду з серпня 2011 по грудень 2019. Результати моделювання показали, що в умовах майбутнього потепління клімату буде підвищення температури води і подовження тривалості термічної стратифікації, глибина фронту гіпоксії при цьому буде переміщатися до поверхні озера. Крім того, будуть збільшуватися тривалість гіпоксії та вивільнення поживних речовин з донних відкладень [95].

Аналогічні дані були отримані після вивчення вченими Корнеллського та Ренсселерського політехнічних інститутів даних за режимом кисню у 400 озерах США. Встановлено, що постійне потепління на планеті призводить до збільшення тривалості стратифікації води наприкінці літа, що призводить до нестачі кисню у воді, викликаючи стани, які називаються гіпоксією (низький рівень кисню) та аноксією (відсутність кисню). Це призводить до негативних наслідків для риб та інших гідробіонтів. Дослідники виявили, що в озерах помірного клімату кількість води з низьким вмістом кисню збільшується в середньому на 0,9 – 1,7% за десятиліття, а обсяг води в озерах із нестачею кисню збільшився більш ніж на 50% порівняно з трьома десятиріччями раніше [96].

В Україні результатами низки робіт був показаний вплив змін клімату на кисневий режим річок. Аналіз багаторічних даних показав, що концентрація кисню, розчиненого у поверхневих водах України, коливається у широких межах – від 0 до 14 мг/дм³, а в разі інтенсивного перебігу гідробіологічних процесів може досягати 25 і більше мг/дм³. Вміст розчиненого кисню у водних об'єктах виявляє певні сезонні коливання. Типовий графік ходу кисню й температури води показано на прикладі р. Десна (рис.1.29) [82].

Зміна вмісту кислорода в залежності від температури води на ряді річок представлена на рис. 1.30, 1.31.

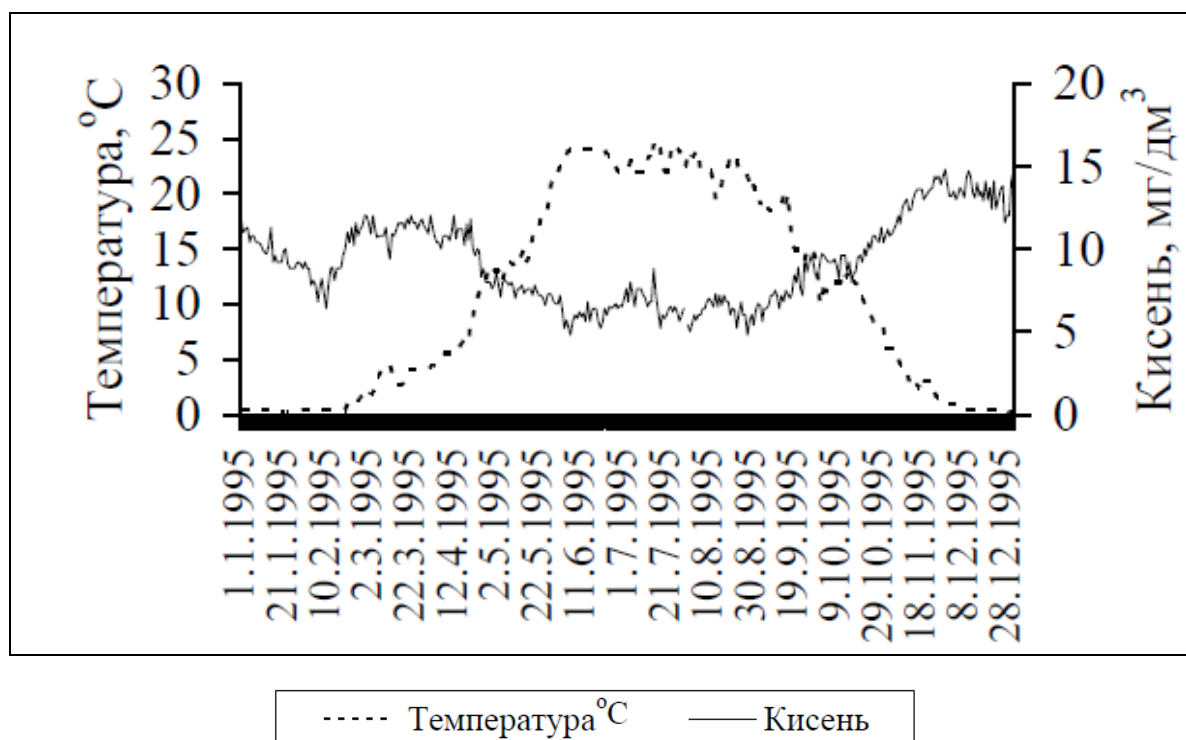


Рис. 1.29. Річний хід розчиненого кисню й температури води р. Десна, с. Літки, 1995 р. [82]

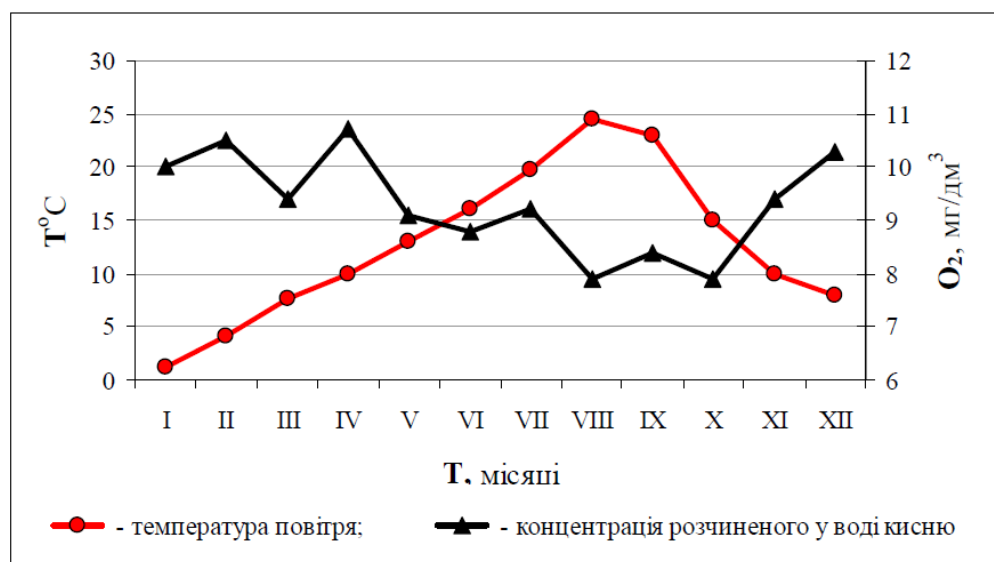


Рис. 1.30. Характерна внутрішньорічна динаміка кисневого режиму р. Інгулець та річний хід температур повітря (на прикладі гідрохімічного створу м. Кривий Ріг, вище на 1 км), 1990 р. [97]

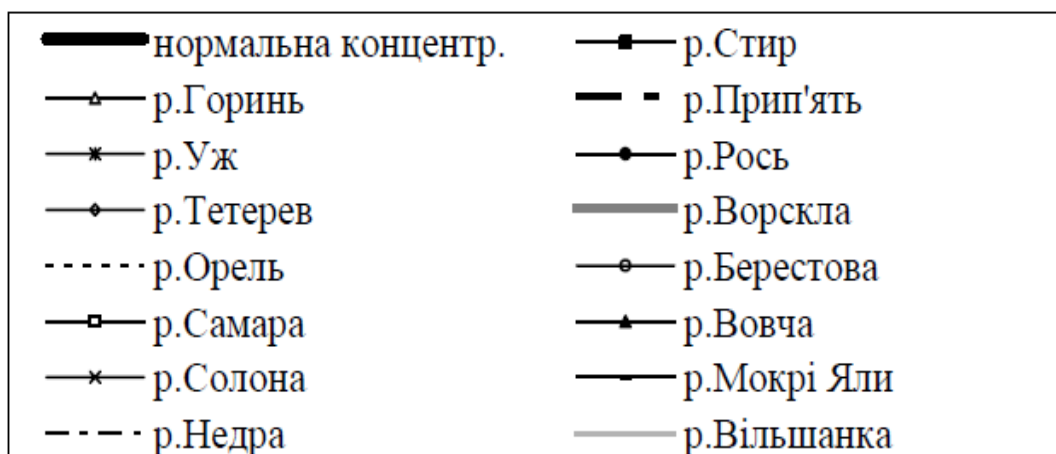
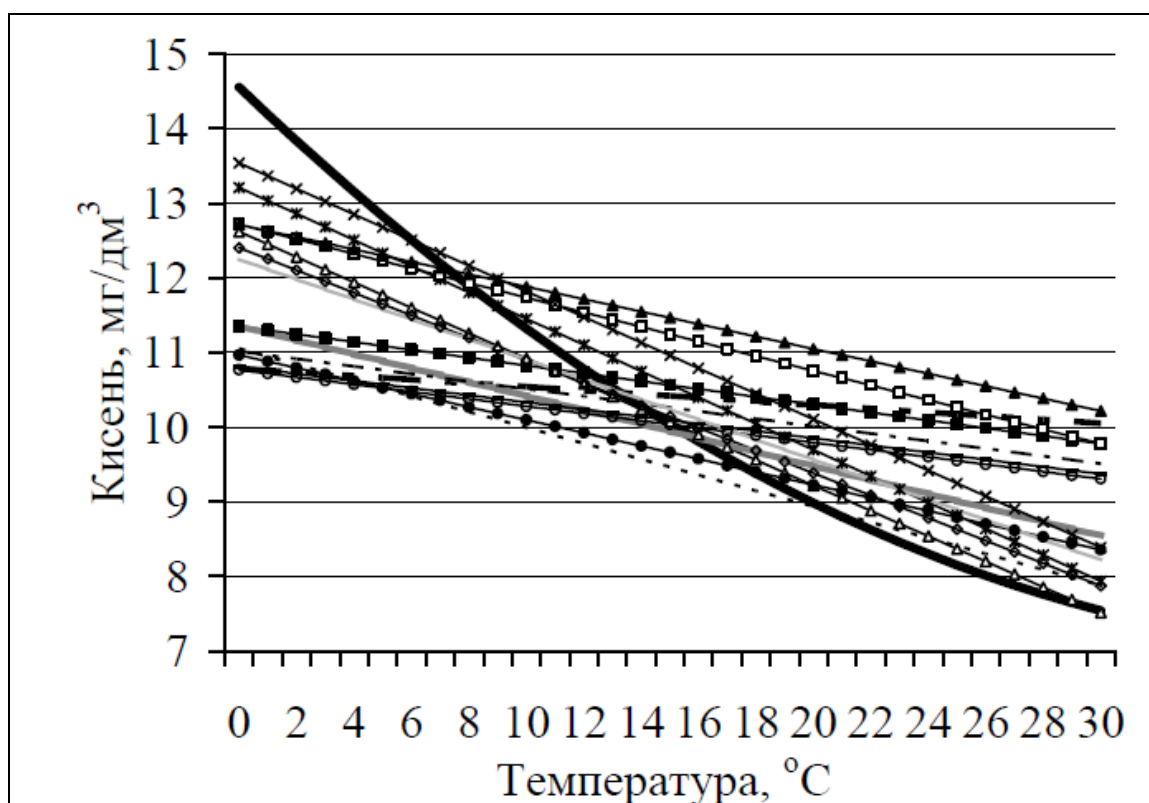


Рис. 1.31. Залежність вмісту кисню від температури води в річках басейну Дніпра, 1989 – 2005 рр. [82]

Результатами робіт О. В. Степової та В. В. Рома на річці Псел було встановлено, що фізико-географічні та кліматичні умови річкового басейну значно впливають на формування якості води. Водні ресурси мають високу чутливість до зміни клімату, що впливають на умови формування стоку, призводять до його перерозподілу в межах року та впливають на хімічний склад та якість води. При цьому зміни водності та температури повітря і води

визначають, насамперед, кисневий режим річок. Збільшення швидкості течії сприяє насиченню води киснем.

У роботі була зроблена оцінка зміни кліматичних факторів та водних ресурсів досліджуваної території за минулі два десятиліття.

За даними спостережень метеостанції Полтави виявлено статистично значущі тенденції до зростання середніх температур повітря за рік, теплий та холодний періоди. Встановлено, що температури холодного періоду зростають інтенсивніше, ніж температури теплого періоду. Зростання опадів за рік не перевищує 20 % і відбувається, головним чином, у теплий період.

На базі даних гідрохімічних спостережень виявлені залежності гідрохімічних показників від температури води та повітря.

Підвищення температури води призводить до погіршення кисневого режиму водойми. За недостатньої кількості кисню у воді у кілька разів зменшується швидкість розкладання нафтопродуктів. Збільшення температури води, яке супроводжує глобальне потепління, сприятиме інтенсивному розпаду фенолів та СПАР, що потрапляють у водойму зі зливами стічних вод та поверхневими зливами [97].

Сказане ілюструють дані на рис. 1.32 та 1.33.

За аналізом багаторічних даних спостережень Державної гідрометслужби за 1989–2005 рр за вмістом розчиненого кисню було отримана емпірична лінійна кореляційна залежність вмісту кисню від температури води для окремих річок України.

$$O_2(\text{мг/дм}^3) = -0,2671 t (\text{°C}) + 13,251 (R^2 = 0,9094).$$

Встановлено, що ця залежність має високу показник кореляції. Подібні залежності отримані для вод річок Тиса, Латориця, Уж, Боржава, Кам'янка, Прут, Дунай та багатьох інших річок. Однак таких залежностей не отримано у водах річок Веча, Черемош, Бистриця Солотвинська, Бистриця Надвірнянська, Лужанка, Свіча, Золота Липа, Десна, Трубіж. У воді р. Тисмениця отримана пряма залежність зростання концентрації розчиненого кисню з підвищенням температури води. Автори [82] пояснюють таку аномальну залежність високим

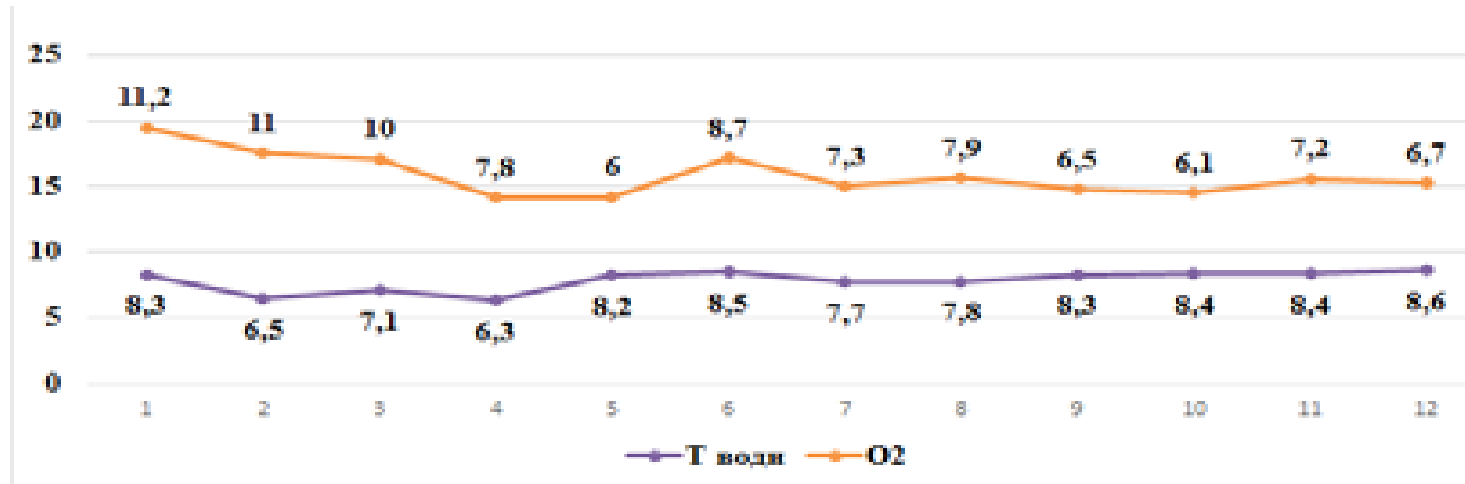


Рис. 1.32. Графік зміни вмісту розчиненого кисню у воді річки Псел залежно від середньорічної температури води (м. Велика Багачка), [35]

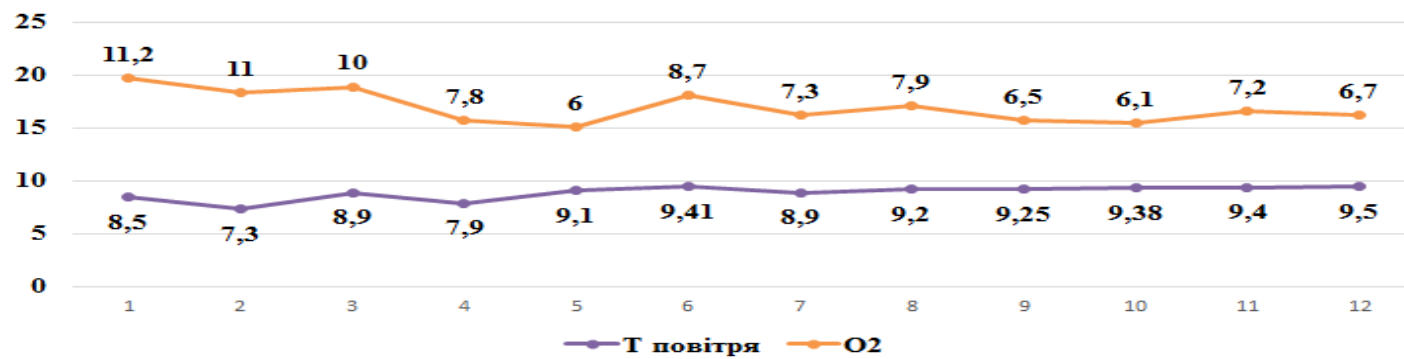


Рис. 1.33. Графік зміни вмісту розчиненого кисню у воді річки Псел залежно від середньорічної температури повітря (м. Велика Багачка), [35]

органічним забрудненням води ($XCK = 7 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, $БСК_5 = 4,5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$). Також у річках Стохід, Хорол і Ірпінь відзначається незначне збільшення вмісту кисню під час вегетаційного періоду (тобто під час збільшення температури води) [82].

Зв'язок між температурою води і концентрацією кисню був здійснен також на р. Західний Буг (рис. 1.34). При цьому знайдена емпірична залежність була достовірною, оскільки значення R^2 є вищим від мінімального значущого [98].

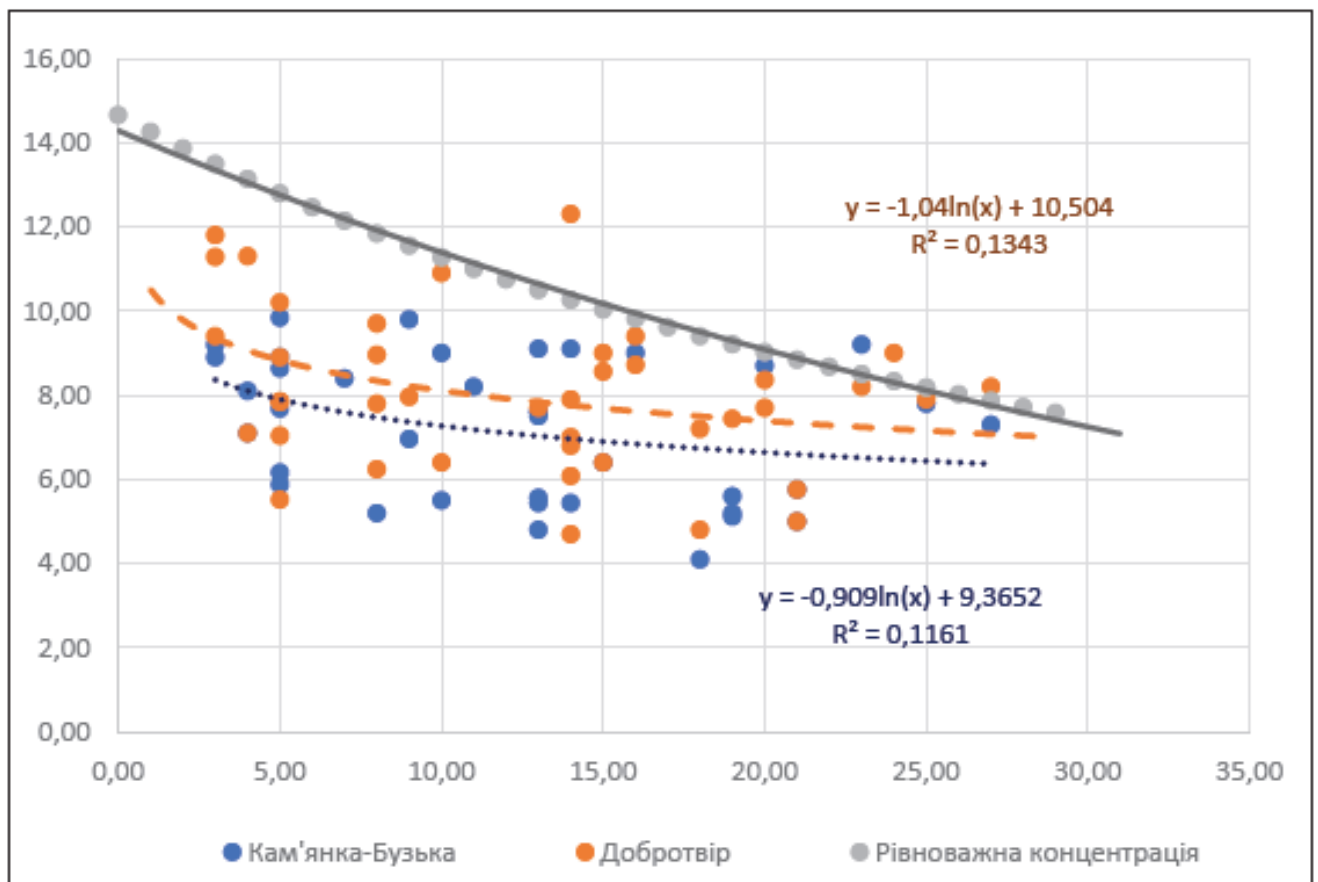


Рис. 1.34. Емпірична залежність вмісту розчиненого кисню у воді верхньої частини р. Західний Буг від температури [98]

В. І.Осадчим та Н. М. Осадчей встановлена для річок лінійна кореляційна залежність вмісту кисню від температури води для окремих річок підходить також для водосховищ України (рис. 1.35).

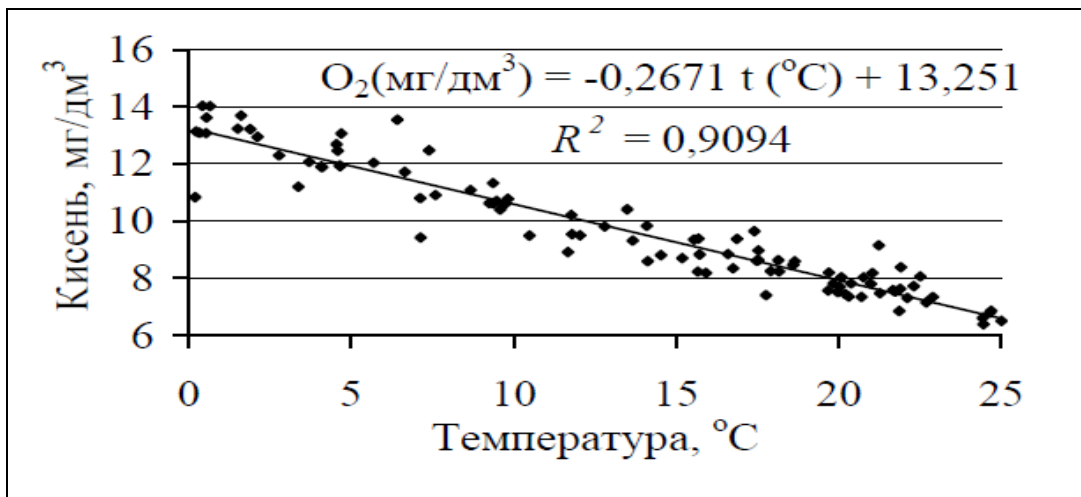


Рис. 1.35. Емпірична залежність (лінійний тренд) вмісту кисню від температури у воді Канівського водосховища (м. Київ), отримана за даними 1989 – 2005 рр. [82]

Характер розподілу вмісту кисню залежно від температури води у водосховищах Дніпровського каскаду наведено на рис. 1.36.

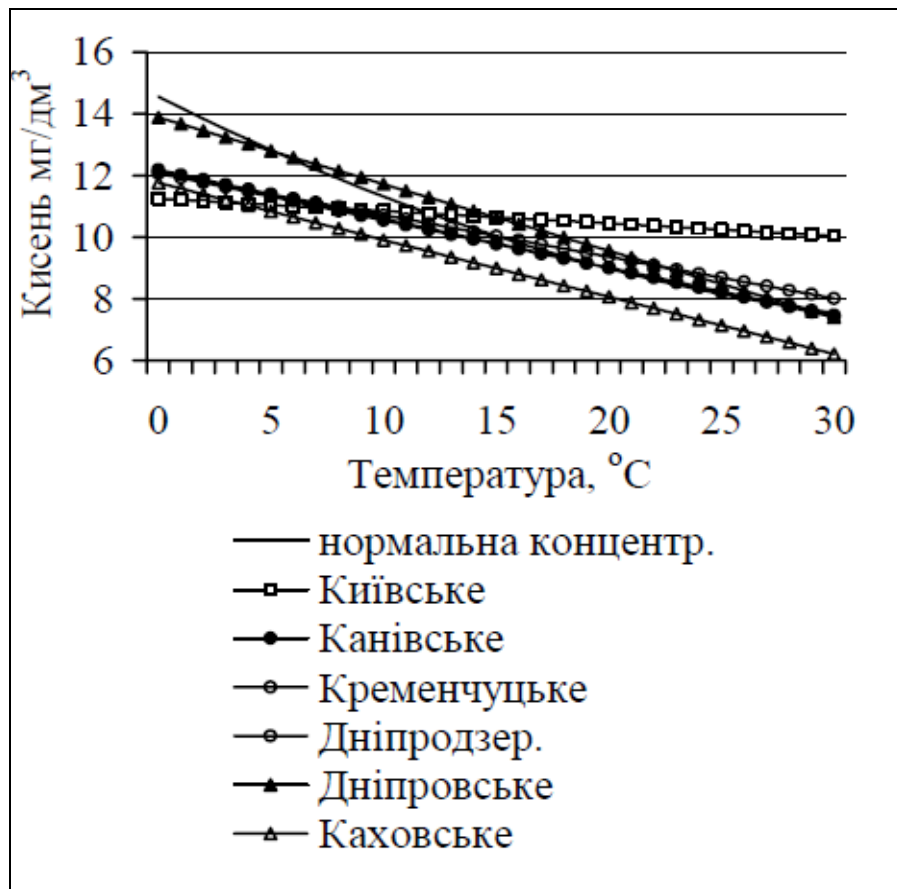


Рис. 1.36. Залежність вмісту кисню від температури води у водосховищах Дніпровського каскаду, 1989-2005 рр. [82]

Висновки з розділу 1

1. Зміни клімату впливають на стан берегової лінії Чорного та Азовського морів. Приморські береги характеризуються переважанням абразійних процесів – механічним руйнуванням порід, з яких вони складені та перенесення уламків прибійними хвилями та течіями біля берегової лінії. Абразія змінює нариси берегової лінії водоєм, поступово відсуваючи її у бік суші. Крім того стан берегової лінії морів змінюється під впливом антропогенних факторів.

Процеси перетворення берегів спостерігаються також на всіх водосховищах України. І хоча стан берегів великих рівнинних водосховищ України оцінюється на сьогодні як на початку етапу стабілізації, вони продовжують розмиватися. Через їх руйнування відбувається як втрата берегових територій (щорічно сотні гектарів родючих земель, так і постійна небезпека затоплення прилеглої до водосховищ місцевості на площі понад 200 тис. га.

2. Для України, як і для всього півдня Європи, прогнозується істотне зниження річкового стоку. Прогнозується зменшення останніми роками стоку малих і середніх річок на 10-20% на півночі України й на 20-50% на півдні. Причини зниження водності річок у першу чергу природні, це насамперед кліматичні. При цьому спостерігається внутрішньорічний перерозподіл стоку, і хоча середньорічні показники зменшуються, меженні, навпаки, збільшуються. Тому, незважаючи на зменшення річного стоку річок, можливі великі затоплення прибережних річкових територій по всій Україні.

3. Підтверджено тенденцію до зниження стоку Дунаю, отриману за даними багаторічних спостережень і прогнозних моделей, а також показано, що останніми роками ця тенденція посилюється. Показано, що в маловодний сезон, який приходить на осінні місяці дослідженого періоду, тенденція до зниження стоку є значно помітнішою, ніж у багатоводний сезон, який приходить на весняні місяці. Відзначена чітка тенденція до збільшення нерівномірності стоку Дунаю за досліджуваний період.

4. Під час підвищення рівня води в Чорному та Азовському морях є велика можливість стоку морської води на знижені ділянки рельєфу. Так в межах Арабатської Стрілки, що відноситься до території Херсонської області, до ділянок зі зниженим рівнем поверхні відносять район протоку Тонкої та Верблюжачої, низьке місце між Генгоркой та Щасливцевим, та вузьке місце між Щасливцевим та Стрілковим.

5. Морське середовище Азовського та Чорного морів забруднюється речовинами з точкових та дифузних джерел. Найбільший внесок таких речовин, зокрема біогенів та нафтопродуктів, до прибережних вод Чорного моря приносить р. Дунай, об'єм стоку якого складає приблизно 80% сумарного стоку інших річок, що надходить до північно-західної частини Чорного моря. Також значним джерелом забруднення в прибережній смузі є дифузні джерела - сток з великих міст, насамперед Одеси, Миколаєва, Херсона та сільськогосподарських угідь.

6. Прогнозовані кліматичні зміни мають призвести до збільшення частоти, тривалості й інтенсивності спалахів «цвітіння» як поверхневих, так і морських вод. Окреслено набір пов'язаних із кліматичними змінами факторів, що впливають на розвиток процесів «цвітіння». У низці досліджень створено математичні моделі, що дозволяють краще зрозуміти механізми впливу кліматичних чинників на розвиток процесів «цвітіння» вод та досліджені реакції основних збудників «цвітіння» вод на підвищені температури середовища.

7. Зміни клімату є однією з головних причин зниження вмісту кисню у воді водних об'єктів. Спостерігаються процеси зниження концентрації кисню та розвиток придонної гіпоксії у Чорному морі, річках та водосховищах України. В. І. Осадчим та Н. М. Осадчей встановлена емпірична лінійна кореляційна залежність вмісту кисню від температури води для ряду річок України.

2. ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ТА ВРАЗЛИВОСТІ ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Прибережна зона вважається одним з найпоширенішим і найактивнішим місцем на Землі. Здесь жива природа і людина взаємодіють одне з одним. В той же час, прибережна зона – це територія з крихким середовищем і частими лихами [1].

Шістдесят два відсотки міст Землі з населенням понад 8 мільйонів розташовані в прибережних районах морів та океанів. При цьому близько 44% населення планети живе в прибережних районах у межах 150 кілометрів від океану [2]. На думку окремих дослідників, із соціально-економічної точки зору, прибережні території в останні кілька десятиліть були двигуном швидкого розвитку світової економіки. При цьому тенденції зміни клімату, яким складно запобігти та їх вплив на прибережні райони, який не можна ігнорувати, вимагають проведення наукової оцінки вразливості прибережних територій [1].

У 2024 році Європейське агентство з довкілля зазначає, що всі моря Європи вже сильно потерпіли від зміни клімату та антропогенного навантаження. У майбутньому буде додаткове зігрівання, дезоксигенація та підкислення, що ще більше збільшить серйозність ризику для морських та прибережних екосистем. Ключовими кліматичними ризиками, пов'язаними з морськими та прибережними екосистемами, є берегова ерозія та затоплення; зниження пелагічної первинної продукції; зміни у морських екосистемах функціонування та поширення видів; і поява шкідливого для людини цвітіння водорослей здоров'я [3].

Nguyen KA та Liou YA представили у глобальному масштабі карту кількісно визначеної екологічної вразливості всієї Землі. Карта була зроблена шляхом інтеграції дистанційного зондування, ГІС моделювання та набору даних глобального перепису, використовуючи 16 впливових факторів у п'яти

сферах: соціально-економічній, земельних ресурсах, природній небезпечності, гідрометеорології та топографії.

Розроблена шкала вразливості має шість рівнів, а саме дуже низька, низька, середня, середньо висока, висока вразливість і дуже висока вразливість. Встановлено, що у глобальному масштабі невелика частина земної кулі (10,1%) мають високу та дуже високу вразливість під впливом впливових факторів. Серед континентів найбільша частка дуже високого рівня вразливості приписується Азії (74,6%), а згодом до Африки (19,6%) [4]. Ця карта представлена на рис. 2.1.

Як приклад можна навести оцінку вразливості прибережних зон півострова Макао, що на узбережжі Південно-Китайського моря, у дельті річки Чжуцзян. Півострів є одним із найбільш густонаселених та високо-урбанізованих прибережних районів у світі. Було виявлено, що 19% берегової лінії, на якій проживає 349 000 осіб (в основному вздовж узбережжя півострова Макао), в даний час сильно схильні до прибережних небезпек. У той же час майже половина всієї берегової лінії Макао, на якій проживає близько 121 000 осіб, захищена природним місцем проживання. За оцінками, до 2100 року частка сильно незахищеної берегової лінії подвоїться, а частка населення, що під високою загрозою, збільшиться на 26,9 – 44,1% до 2100 року [5].

Україна, як відмічають Wilson L. з співав. дуже вразлива до таких явищ, як дощові паводки, повені та прибережні затоплення, включаючи затоплення сільськогосподарських та міських територій, селі та брудові потоки, а також зсуви ґрунту [6]. При цьому за останні десятиліття Україна зазнала кількох руйнівних дощових паводків (у 1998, 2001 та 2008 роках) [7].

Так у липні 2008 року в Карпатському регіоні відбувся один з найбільших і найруйнівніших паводків, у результаті якого загинуло 47 осіб, а евакуйовано було близько 40 000 [8]. У червні 2020 року паводки на заході України призвели до пошкодження понад 14 000 будинків [9], а також завдання значної шкоди інфраструктурі, приблизно 500 км доріг було пошкоджено, а деякі магістралі взагалі були зруйновані [10].

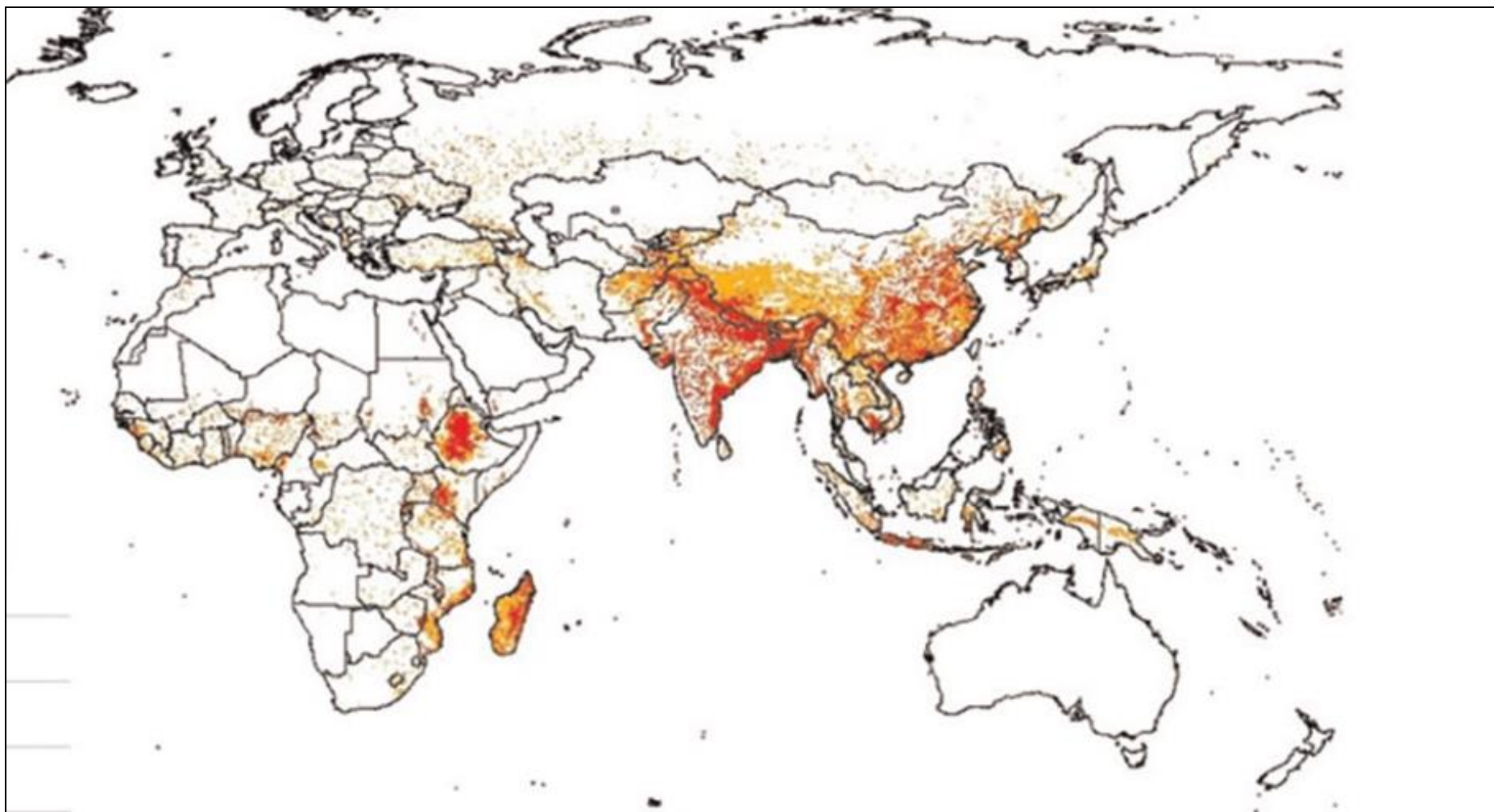




Рис.2.1. Карта Землі з позначенням областей з високим та дуже високим рівнем уразливості територій [4].

-  - висока вразливість
-  - дуже висока вразливість

Крім того, очікується, що випадки екстремальних опадів можуть частішати скрізь [11], причому більш інтенсивні опади можуть збільшити частоту дощових паводків [5]. Тому очікується, що щорічні втрати від повеней можуть збільшитись, наприклад, по Європі у п'ять разів до 2050-х років, а до 2080-х – у сімнадцять [12].

Зміна клімату в бік потепління однозначно призведе і до підвищення рівня Чорного і Азовського морів, що в свою чергу підсилить процеси розмиву берегів, затоплення, підтоплення та засолення ґрунтів у Причорномор'ї, а також спричинить істотні зміни в екосистемах гирлових областей Дунаю, Дніпра і Дністра [13].

Крім того, з підняттям рівня моря внаслідок кліматичних змін, портам та об'єктам прибережної транспортної інфраструктури, розміщеним на території Чорноморського та Азовського узбережжя, загрожує затоплення, а отже, і ускладнення використання їх територій, пошкодження зон зберігання вантажу, дезорганізація мультимодальних перевезень тощо [14].

Підвищення рівня Чорного й Азовського морів суттєво вплине на прибережні території України. Масштаби прояву цих процесів будуть залежати від інтенсивності та висоти підвищення рівня морів [15]. В Україні є ряд досліджень проблеми підняття рівня моря, які відрізняються методичними підходами до вивчення. Переважна кількість досліджень, спираються на вивчення історичних трендів змін рівня моря, на цій основі науковці роблять висновки про продовження підняття рівня моря і свої прогностичні показники узгоджують із результатами глобальних досліджень. З іншого боку, в Інституті проблем математичних машин і систем НАН України виконане дослідження, що ґрунтується на методах комп'ютерного моделювання та методологічно узгоджується зі світовими підходами [16].

За різними сценаріями моделювання змін клімату зростання рівня Чорного й Азовського морів може становити від 22 до 115 см до 2100 року. Називаються також наступні сценарії підвищення рівня Чорного й Азовського

моря до 2100 року: мале підвищення до 0,66 м і велике підвищення до 7,15 м [17].

В той же час, Чорне та Азовське моря являють собою внутрішньоконтинентальні дуже ізольовані басейни, в береговій зоні яких домінуюче рельєфоутворююче значення мають короточасні коливання рівня синоптичної природи, до яких належать згінно-нагонові й саюшеві явища, а також штормові нагони.

В умовах сильної активізації підвищення рівня морів найбільш негативні наслідки очікуються на тих ділянках берегової зони, де склався гострий дефіцит наносів, діє високий хвилеенергетичний потенціал, розташовані маломіцні породи та відкладення, а прибережна територія розташовується майже на рівні моря. Саме за таких умов природні, господарські, рекреаційно-туристичні, курортні та інші об'єкти прибережного розташування можуть бути схильні до найбільшого негативного впливу процесів, викликаних сучасним потеплінням клімату та відповідним підвищенням рівня морів.

Інша небезпека може походити від процесу підвищення швидкостей абразії та відступу берегової лінії, особливо в межах акумулятивних форм (кіс, пересипів). Зокрема, підйом рівня моря на 1 см може спричинити відступ берега від 0,5 до 10,0 м у горизонтальному напрямку [18].

Про високу ймовірність таких процесів свідчить той факт, що вже нині 46% протяжності берегів Франції зазнає активної руйнації та відступу берегової лінії, 51% – у Португалії, 41% – у Нідерландах, 48% – в Україні [19].

Таблиця 2.1. Оцінки втрати земель за різних сценаріїв підвищення рівня моря, га, [19]

Берегова зона	Вид трансформації	Рік розрахунку			
		2050		2100	
		22см	46см	66см	115см
Причорномор'я	Ерозія	780	1110	1340	2360
	Затоплення	-	270	410	1600
Приазов'я	Ерозія	1400	1800	2300	3500

Берегова зона	Вид трансформації	Рік розрахунку			
		2050		2100	
		22см	46см	66см	115см
	Затоплення	-	-	30	100
Лимани	Ерозія	365	585	660	1580
	Затоплення	-	900	1750	4800
Чорноморський регіон	Ерозія	3895	5225	6400	9840
	Затоплення	-	2270	5990	19000

Зазначається, що, виходячи з можливих змін природних умов на узбережжі Чорноморсько-Азовського басейну, необхідно розглядати чотири основні версії ймовірних наслідків підвищення рівня морів:

- на ділянках розташування високих стрімких берегів, складених міцними породами, не слід очікувати негативних наслідків;

- на ділянках розташування дуже низького берега, складеного породами різної міцності, в умовах дії навіть дуже малої хвильової енергії та дефіциту берегових наносів, найімовірнішим буде переважно пасивне затоплення прибережної території;

- на ділянках берегів, складених осадовими відкладеннями та породами малої міцності, в умовах дефіциту берегових наносів, помірного та посиленого хвильового режиму слід очікувати збільшення швидкості абразії та втрат прибережної території;

- на ділянках динамічного берега, складеного маломіцними осадовими відкладеннями та породами, в умовах помірного і навіть посиленого хвильового режиму та великого накопичення берегових наносів, слід очікувати поступової адаптації берегової зони до процесів активізації відносного підвищення рівня моря.

Тому через підвищення рівня моря та глобальну зміну клімату у прибережних зонах виникнуть загрози:

- затоплення та ерозії прибережної зони;
- меншого відвідування деяких курортних місць, що вплине на розвиток туризму;

- опасности для населення, що проживає на висоті 0-10 м над рівнем моря;

- зміни видового складу морської флори та фауни;
- трансформування солоності води через зниження річкового стоку та характеру опадів та температурного режиму [20].

У цих умовах підйом рівня води в морі насамперед всього позначиться на приморських територіях України, які відрізняються своєрідною територіальною організацією господарства та розселення населення. Наприклад в Одеській, Миколаївській та Херсонській областях головні економічні центри це портово-промислові комплекси та вузли, а також рекреаційні території та найбільші міста, розташовані вздовж узбережжя моря та у нижній течії річкових транспортних артерій (річок Дніпро, Дунай та Південний Буг). Приморська смуга є найбільш заселеною та економічно розвиненою частиною регіонів, що зумовлює нерівномірність господарського освоєння територій означених адміністративно-територіальних одиниць [21]. Крім того, відмічається, що на сьогоднішній день прибережна територія України інтенсивно використовується у господарській діяльності. До моря та лиманів тяжіє значна кількість населених пунктів. Серед них виділяються такі великі міста як Одеса, Маріуполь, Бердянськ, Севастополь, Керч. Морське узбережжя України є курортною зоною, де розміщені численні туристичні заклади. З іншого боку, тут поширені унікальні та своєрідні ландшафти – середовища існування типових і рідкісних видів рослин і тварин [22].

Крім підвищення рівня моря на прибережні території великий вплив надають згінно-нагонові явища. Відповідні коливання можуть сягати значних розмірів, сприяючи тим самим затопленню прибережних територій, проявленню абразії, а також руйнуванню різноманітних антропогенних об'єктів [23].

Найбільш небезпечними синоптичними коливаннями є штормові нагони [24]. Так у березні 1997 року був зафіксований дуже потужний штормовий нагін в східній частині Джарилгацької затоки. При цьому вищий рівень

проявився в районі Каланчацького лиману і Каржинської затоки. Внаслідок даного явища морські води проникли в низинні ділянки берегу на відстань від 300 до 1000 м. Один з найбільш катастрофічних штормових нагонів стався в межах Каркінітської затоки в жовтні 2003 року. Причиною виникнення даного небезпечного явища стало одночасне проявлення ураганного вітру та істотне зниження атмосферного тиску (швидкість вітру сягала 30 м/с, з поривами до 35 м/с, а тиск становив 736 мм рт.ст.). Висота рівня нагону збільшувався в східному напрямку від 1,0 м в береговій зоні Залізного Порту до 3,1 м в районі півострова Гіркий Кут [25].

Встановлено, що на 2100 рік інтенсивного впливу від підняття рівня моря зазнають прибережні території Південних областей України. За проведеними розрахунками, слід очікувати на затоплення території площею майже 1,5 млн га (понад 800 тис. га без водойм), а з урахуванням нагонів моря – до 1,8 млн га (близько 1,1 млн га без водойм). Найбільшого впливу зазнають Крим (Північна частина півострову) та Херсонська область (район між Дніпровським Лиманом і Тендрівською затокою, долина гирлової частини Дніпра), й Одеська область (дельта Дунаю) [22]. Прогнозні зони затоплення приморських територій, які можуть утворитися внаслідок підняття рівня моря через глобальне потепління представлені на рис. 2.2.

Таблиця 2.2 – Зони затоплення, які утворюються внаслідок підняття рівня моря, [22]

Регіон	Всього		Без водойм	
	га	% регіону	га	% регіону
АР Крим, разом із Севастополем	297770,7	5,9	170142	3,4
Донецька область	18369,8	0,3	16991	0,3
Запорізька область	126398,6	2,2	64722,1	1,1
Миколаївська область	69207,3	1,3	33142,5	0,6
Одеська область	575634,7	8,1	265811,4	3,7
Херсонська область	386069,3	7,1	283801,6	5,2
Разом в Україні	1 473 450		834 611	

Також були розраховані площі зон затоплення, які утворюються внаслідок підняття рівня моря та штормів і нагонів (табл. 2.2, табл.2.3).

Табл. 2.3 – Зони затоплення, які утворюватимуться після штормів і нагонів, [22]

Регіон	Всього		Без водойм	
	га	% регіону	га	% регіону
АР Крим, разом із Севастополем	409268,3	8,1	277087	5,5
Донецька область	22138,7	0,4	20575,8	0,3
Запорізька область	149156,0	2,5	87109,4	1,5
Миколаївська область	83871,1	1,6	46834,7	0,9
Одеська область	608484,9	8,6	295220,2	4,2
Херсонська область	550730,5	10,1	441381,4	8,1
Разом в Україні	1 823 649		1 168 209	

Крім того, при підвищенні рівня води у Чорному та Азовському морях до зон затоплення потрапить велика кількість екологічно небезпечних об'єктів до яких відносяться промислові майданчики, сміттєзвалища, очисні споруди, кладовища, військові бази та полігони, підтоплення яких може призвести до потрапляння в морські води забруднюючих речовин і погіршити екологічний стан прилеглої території. Всього О. Г. Голубцов зі співавт. нарахував 626 таких об'єктів [22].

Серед природних ландшафтів особливої уваги заслуговують аквальні ландшафти – водойми та водотоки, які зазнають впливу внаслідок підняття рівня моря. З найбільш великих водотоків до зони ризику потрапляють гирлові ділянки річок Дунай, Дніпро та Дністер (разом із численними озерами, старицями та рукавами у дельтах), лимани Дніпро-Бузький, Дністровський, Сасик (Кундук), Тузловська група лиманів, Хаджибейський, Куяльницький

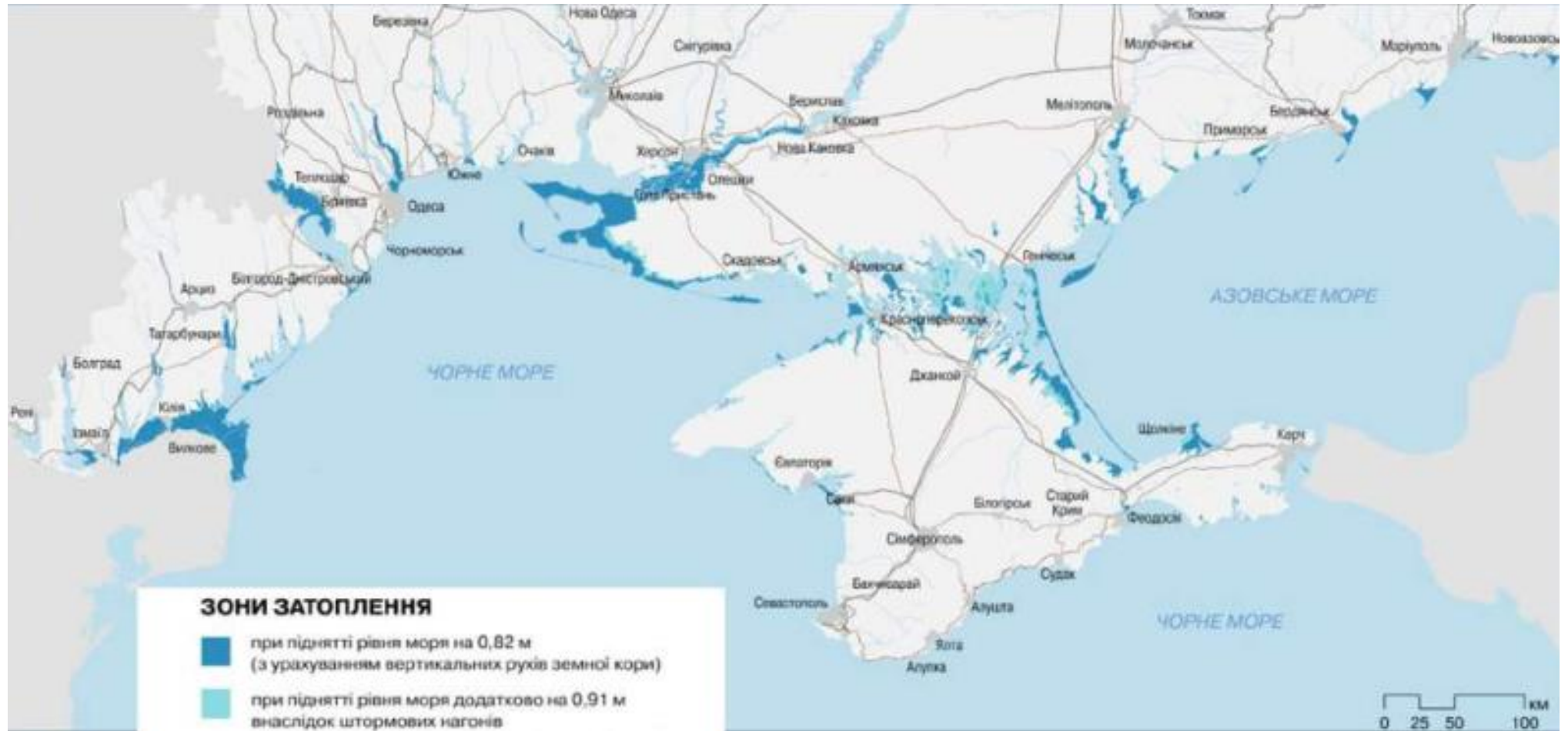


Рис. 2.2. Прогнозні зони затоплення приморських територій, які можуть утворитися внаслідок підняття рівня моря через глобальне потепління [22]

Тилігульський, Молочний і інші, озера Кагул, Кугурлуй, Ялпуг, Катлабуг, Китай, Сасик-Сиваш та інші. Загалом близько 5000 водойм різного типу. До екосистем, які зазнають значної трансформації внаслідок затоплення та підтоплення також слід включити водно-болотні угіддя (ВБУ), у тому числі – 13 об'єктів ВБУ міжнародного значення, що охороняються за Рамсарською угодою. Це, зокрема, «Аквально-скельний комплекс мису Казантип», «Тендрівська затока», «Східний Сиваш», «Білосарайська коса та Білосарайська затока», «Обиточна коса та Обиточна затока» й інші.

Негативного впливу через підняття рівня моря зазнають і інші приморські природні ландшафти. Зокрема, під загрозою опиняються екосистеми лиманів Північного Причорномор'я, піщаних кіс Азовського моря, заток Сиваша, багатьох бухт уздовж узбережжя, а також морські екосистеми. Більшість із них охороняються Бернською конвенцією про охорону дикої флори та фауни й природних середовищ існування в Європі та потребують особливих заходів з їх охорони та збереження [26].

Узбережжя Азовського та Чорного морів, що опиняться у зоні ризику через підняття рівня моря, є домівкою для багатьох ендемічних видів рослин і тварин, що не зустрічаються більше ніде у світі та занесені до Червоної книги України. Приморські біотопи також відіграють важливу роль як місце перепочинку десятків видів рідкісних перельотних птахів на їхньому шляху з Півночі на Південь [22].

Також до зони затоплення потраплять небезпечні речовини, поява яких пов'язана з агресією російської федерації.

Окрім нагінних явищ зміна клімату впливає також на екологічний стан лиманів морів. Так О. А. й Ю. С. Тучковенко встановили вплив змін клімату у північно-західному Причорномор'ї на внутрішньорічну мінливість характеристик гідроекологічного режиму Тилігульського лиману. Встановлено, що зростання температури води призведе до збільшення інтенсивності продукційно-деструкційних процесів у воді та донних відкладах лиману і, як наслідок, погіршення кисневого режиму лиману та поглиблення гіпоксії в

придонному шарі вод влітку, особливо в маловодні роки. Автори вважають, що першому наближенні визначені тенденції очікуваних змін у XXI ст. характеристик гідроекологічного режиму Тилігульського лиману можуть бути поширені на інші однотипні («закриті») лимани північно-західного Причорномор'я [27].

Крім впливу на прибережні території примор'я, що було розглянуто вище, зміни клімату можуть позначитися на прибережних територіях поверхневих водних об'єктів – річок, водосховищ, озер та ін.

В Україні зміни у кількості опадів у величезній мережі річок, водозборів і водоносних горизонтів можуть призвести до сценаріїв з високим ризиком затоплень по всій країні, завдати значної шкоди та загрожувати життю людей [28]. Зокрема підвищується ризик як осінніх, так і весняних паводків і підтоплень внаслідок збільшення кількості та зміни структури опадів. Це призводить до підвищення рівнів води у річках, озерах, водосховищах, внаслідок чого відбувається затоплення і підтоплення земель та замулення і засмічення земельних угідь у долинах рік. Так, наприклад, у 2014 р. через високий дощовий паводок на притоках Дністра внаслідок сильних дощів у 11 районах Карпатської та Передкарпатської частин Львівської області постраждало 128 населених пунктів та було підтоплено 2749 га сільськогосподарських угідь. Влітку 2015 р. надзвичайні ситуації гідрологічного характеру охопили 9 районів Волинської області, пошкодивши посіви сільськогосподарських культур на площі понад 4,5 тис. га, і 2 райони Вінницької області, знищивши врожай кукурудзи на площі 1530 га та соняшника на площі 280 га. Восени вони призвели до паводків на ріках Опір у Львівській та р. Тиса, р. Уж, р. Латориця і р. Боржава у Закарпатській областях з виходом води на заплаву, зсувами ґрунту та затопленням заплавної сільськогосподарських угідь [29].

Руйнівні паводки спостерігалися також в межах району басейну річки Дунай в Україні у 1947, 1948, 1957, 1962, 1964, 1967, 1969, 1970, 1980, 1992,

1993, 1995, 1998, 2001, 2008, 2010, 2015, 2017 та 2020 роках. При цьому частота паводків за останні роки зросла, хоч вона в Карпатах завжди була високою.

В результаті затоплень населення зазнає прямих збитків від втрати чи пошкодження житла, господарських будівель, знищення врожаю на присадибних ділянках. Однак найбільші втрати чекають на суспільство, коли катастрофічні повені та паводки призводять до загибелі людей. Негативним наслідком затоплення сільськогосподарських земель та сільських населених пунктів є також погіршення якості води в річках та водоймах через збільшення їх каламутності та концентрації біогенів і пестицидів, а також забруднення підземних вод, що негативно відзначається на здоров'ї населення [30].

Так дельта Дунаю визнана уразливою до можливих кліматичних змін [31]. Для басейну цієї річки прогнозується підвищення середньорічних температур повітря, зниження кількості опадів й істотне скорочення річкового стоку [32].

Дослідження багаторічної динаміки, тенденцій змін водності та уточнення особливостей динаміки середньорічного стоку Дунаю за останні роки, як можливого прояву в тому числі сучасних кліматичних змін проводилося багатьма фахівцями, зокрема у наступних роботах [33,34].

Багато даних у цьому напрямку було отримано в результаті багаторічних досліджень УКРНДІЄП. Так результати власних досліджень та аналіз даних спостережень Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії показав, що тенденція до зниження стоку Дунаю в районі Ізмаїлу певною мірою посилилася, крім того така ж (хоча й слабша) тенденція спостерігалася й для району Рені. Аналізуючи сезонний розподіл середньобагаторічного стоку за досліджуваний період, можна видокремити сезони з найбільшою водністю (березень-травень) і з найменшою (вересень-листопад). Це підтверджує тенденцію до зниження стоку Дунаю, отриману іншими дослідниками за даними багаторічних спостережень і прогнозних моделей, а також показує, що останніми роками ця тенденція посилюється. Крім того результати робіт УКРНДІЄП показують, що в маловодний сезон, який приходить на осінні

місяці дослідженого періоду, тенденція до зниження стоку є значно помітнішою, ніж у багатоводний сезон, який приходить на весняні місяці. Також була відзначена чітка тенденція до збільшення нерівномірності стоку Дунаю за досліджуваний період [35,36].

Ці обставини збільшать, на нашу думку, можливість затоплення долини річки в зимовий період. Крім того при мінімальному стоку Дунаю збільшиться надходження морської води в пониззя річки.

Негативна дія природних вод в зоні впливу дніпровських водосховищ проявляється насамперед в підтопленні та затопленні як ґрунтовими, так і поверхневими водами житлових і виробничих територій, сільськогосподарських угідь, руйнуванні берегової лінії, що створює певні незручності в зоні проживання і життєдіяльності людей, а часом стає причиною надзвичайних і аварійних ситуацій.

Так, Черкаське управління захисних масивів Дніпровських водосховищ зазначає, що безпосередньо в зоні впливу Кременчуцького водосховища затоплення великих територій характерне насамперед для його верхової частини (від Черкаського мосту уверх за течією до Канівської ГЕС). При цьому значний вплив на рівневий режим тут мають кліматичні фактори, а, отже, – і кліматичні зміни [37]. Крім того, в останні роки з різних причин, нерідко пов'язаних як з антропогенною діяльністю, так і зі змінами кліматичних умов, на деяких відносно стабільних ділянках узбережжя Кременчуцького водосховища активізувались процеси розмиву берегів. Характерні приклади: руйнування берегової лінії в районі очисних споруд м. Канева поблизу с. Пекарі Канівського району; смуга берега довжиною близько 1200 м у с. Червона Слобода Черкаського району, де за останні 7 років спостерігається активна абразія (розмив) берега, процес берегоруйнування вже дістався присадибних ділянок [38].

Висновки з розділу 2

1. Аналіз доступної літератури показує, що Україна дуже вразлива до таких явищ, як дощові паводки, повені та прибережні затоплення, включаючи

затоплення сільськогосподарських і міських територій, селі та грязьові потоки, а також зсуви ґрунту. При цьому за останні десятиліття Україна зазнала кількох руйнівних дощових паводків (у 1998, 2001 та 2008 роках).

2. За сучасних умов зі змінами клімату відбувається підвищення рівня води в Чорному та Азовському морях. Є ризики, затоплення внаслідок підняття рівня моря прибережних територій Південних областей України. Площа затоплених земель за проведеними розрахунками може скласти на 2100 рік майже 1,5 млн га (понад 800 тис. га без водойм), а з урахуванням нагонів моря – до 1,8 млн га (близько 1,1 млн га без водойм). Найбільшого впливу визнають Північна частина півострову Крим та Херсонська область (район між Дніпровським Лиманом і Тендрівською затокою, долина гирлової частини Дніпра) та Одеська область (дельта Дунаю). Крім підвищення рівня моря велике вплив на прибережні території надають змінно-нагонові явища. Ці коливання рівня води можуть сягати значних розмірів, сприяючи тим самим затопленню прибережних територій, прояву абразії, а також руйнуванню різноманітних антропогенних об'єктів.

3. Крім впливу на прибережні території примор'я зміни клімату позначаються на прибережних територіях поверхневих водних об'єктів – річок, водосховищ, озер та ін.

В Україні зміни у кількості опадів у величезній мережі річок, водозборів і водоносних горизонтів можуть призвести до сценаріїв з високим ризиком затоплень по всій країні, завдати значної шкоди та загрожувати життю людей. Зокрема підвищується ризик як осінніх, так і весняних паводків і підтоплень внаслідок збільшення кількості та зміни структури опадів. Це призводить до підвищення рівнів води у річках, озерах, водосховищах, внаслідок чого відбувається затоплення і підтоплення земель та замулення і засмічення земельних угідь у долинах річок.

ВИСНОВКИ

1. Зміни клімату впливають на стан берегової лінії Чорного та Азовського морів. Приморські береги характеризуються переважанням абразійних процесів – механічним руйнуванням порід, з яких вони складені та перенесення уламків прибійними хвилями та течіями біля берегової лінії. Абразія змінює нарис берегової лінії водойм, поступово відсуваючи її у бік суші. Крім того стан берегової лінії морів змінюється під впливом антропогенних факторів.

Процеси перетворення берегів спостерігаються також на всіх водосховищах України. І хоча стан берегів великих рівнинних водосховищ України оцінюється на сьогодні як на початку етапу стабілізації, вони продовжують розмиватися. Через їх руйнування відбувається як втрата берегових територій (щорічно сотні гектарів родючих земель, так і постійна небезпека затоплення прилеглої до водосховищ місцевості на площі понад 200 тис. га.

2. Для України, як і для всього півдня Європи, прогнозується істотне зниження річкового стоку. Прогнозується зменшення останніми роками стоку малих і середніх річок на 10-20% на півночі України й на 20-50% на півдні. Причини зниження водності річок у першу чергу природні, це насамперед кліматичні. При цьому спостерігається внутрішньорічний перерозподіл стоку, і хоча середньорічні показники зменшуються, меженні, навпаки, збільшуються. Тому, незважаючи на зменшення річного стоку річок, можливі великі затоплення прибережних річкових територій по всій Україні.

3. Підтверджено тенденцію до зниження стоку Дунаю, отриману за даними багаторічних спостережень і прогнозних моделей, а також показано, що останніми роками ця тенденція посилюється. Показано, що в маловодний сезон, який приходить на осінні місяці дослідженого періоду, тенденція до зниження стоку є значно помітнішою, ніж у багатоводний сезон, який приходить на весняні місяці. Відзначена чітка тенденція до збільшення нерівномірності стоку Дунаю за досліджуваний період.

4. Під час підвищення рівня води в Чорному та Азовському морях є велика можливість стоку морської води на знижені ділянки рельєфу. Так в межах Арабатської Стрілки, що відноситься до території Херсонської області, до ділянок зі зниженим рівнем поверхні відносять район протоку Тонкої та Верблюжачої, низьке місце між Генгоркой та Щасливцевим, та вузьке місце між Щасливцевим та Стрілковим.

5. Морське середовище Азовського та Чорного морів забруднюється речовинами з точкових та дифузних джерел. Найбільший внесок таких речовин, зокрема біогенів та нафтопродуктів, до прибережних вод Чорного моря приносить р. Дунай, об'єм стоку якого складає приблизно 80% сумарного стоку інших річок, що надходить до північно-західної частини Чорного моря. Також значним джерелом забруднення в прибережній смузі є дифузні джерела - сток з великих міст, насамперед Одеси, Миколаєва, Херсона та сільськогосподарських угідь.

6. Прогнозовані кліматичні зміни мають призвести до збільшення частоти, тривалості й інтенсивності спалахів «цвітіння» як поверхневих, так і морських вод. Окреслено набір пов'язаних із кліматичними змінами факторів, що впливають на розвиток процесів «цвітіння». У низці досліджень створено математичні моделі, що дозволяють краще зрозуміти механізми впливу кліматичних чинників на розвиток процесів «цвітіння» вод та досліджені реакції основних збудників «цвітіння» вод на підвищені температури середовища.

7. Зміни клімату є однією з головних причин зниження вмісту кисню у воді водних об'єктів. Спостерігаються процеси зниження концентрації кисню та розвиток придонної гіпоксії у Чорному морі, річках та водосховищах України. В. І. Осадчим та Н. М. Осадчей встановлена емпірична лінійна кореляційна залежність вмісту кисню від температури води для ряду річок України.

8. Аналіз доступної літератури показує, що Україна дуже вразлива до таких явищ, як дощові паводки, повені та прибережні затоплення, включаючи затоплення сільськогосподарських і міських територій, селі та грязьові потоки,

а також зсуви ґрунту. При цьому за останні десятиліття Україна зазнала кількох руйнівних дощових паводків (у 1998, 2001 та 2008 роках).

9. За сучасних умов зі змінами клімату відбувається підвищення рівня води в Чорному та Азовському морях. Є ризики, затоплення внаслідок підняття рівня моря прибережних територій Південних областей України. Площа затоплених земель за проведеними розрахунками може скласти на 2100 рік майже 1,5 млн га (понад 800 тис. га без водойм), а з урахуванням нагонів моря – до 1,8 млн га (близько 1,1 млн га без водойм). Найбільшого впливу визнають Північна частина півострову Крим та Херсонська область (район між Дніпровським Лиманом і Тендрівською затокою, долина гирлової частини Дніпра) та Одеська область (дельта Дунаю). Крім підвищення рівня моря велике вплив на прибережні території надають згінно-нагонові явища. Ці коливання рівня води можуть сягати значних розмірів, сприяючи тим самим затопленню прибережних територій, прояву абразії, а також руйнуванню різноманітних антропогенних об'єктів.

10. Крім впливу на прибережні території примор'я зміни клімату позначаються на прибережних територіях поверхневих водних об'єктів – річок, водосховищ, озер та ін. Зміни у кількості опадів можуть призвести до сценаріїв з високим ризиком затоплень по всій країні, завдати значної шкоди та загрожувати життю людей. Зокрема підвищується ризик як осінніх, так і весняних паводків і підтоплень внаслідок збільшення кількості та зміни структури опадів. Це призводить до підвищення рівнів води у річках, озерах, водосховищах, внаслідок чого відбувається затоплення і підтоплення земель та замулення і засмічення земельних угідь у долинах річок.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

Результати досліджень, які були проведені на тему «Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату», свідчать про багатогранність впливу змін клімату на ризики для прибережних територій, вразливість яких, як і клімат, також змінюється. Тому проведення подальших досліджень з тими необхідно продовжувати, тим більше, що через війну стан та вразливість окремих прибережних регіонів можуть змінитися.

Оцінка ризиків і вразливості прибережних територій до зміни клімату є ключовим етапом у розробці адаптаційних стратегій та заходів з мінімізації наслідків змін клімату. Загальні рекомендації, які допоможуть забезпечити всебічність і ефективність цього процесу можуть стосуватися:

1. Ідентифікації ризиків, а саме, проведення аналізу кліматичних загроз (таких як підвищення рівня моря, ерозія берегів, збільшення частоти штормів, підвищення температури води, посилення засолення ґрунтів, тощо).

2. Оцінки вразливості – соціальної вразливості, економічної, екологічної.

3. Інтеграція наукових методів, які будуються на моделюванні кліматичних змін, моніторингу та системному підході, що враховує взаємозв'язки між екологічними, соціальними та економічними аспектами.

4. Розробка адаптаційних стратегій, які включають інфраструктурні рішення, наприклад, планування будівництва захисних споруд (дамби, штучні рифи) та екосистемних бар'єрів (наприклад, відновлення мангрових лісів). Також корисним є впровадження стратегії зони екологічної безпеки та заборони забудови в ризикових зонах.

5. Співпраця та інтеграція, що включає вивчення досвіду інших країн, що стикаються зі схожими проблемами, та залучення громадскості на кожному етапі оцінки та адаптації.

Таким чином, ефективна оцінка ризиків і вразливості прибережних територій до зміни клімату вимагає мультидисциплінарного підходу, використання сучасних наукових методів і активного залучення всіх

зацікавлених сторін. Це дозволить мінімізувати ризики для екосистем, населення та економіки прибережних регіонів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

Розділ 1. ДАНІ ПРО СУЧАСНИЙ СТАН ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ З ПОЗИЦІЙ ПОРУШЕННЯ ЇХНЬОЇ ЦІЛІСНОСТІ ЧЕРЕЗ ЗМІНУ КЛІМАТУ

1. Методичні рекомендації для здійснення оцінки ризиків та вразливості соціально-економічних секторів та природних складових до зміни клімату. - Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. – Київ: 2023. – 146с. [https://mepr.gov.ua › uploads › 2023/06](https://mepr.gov.ua/uploads/2023/06).

2. Жадан Н. Оптимізація природокористування при здійсненні рівня Чорного моря в межах берегової зони Херсонської області. - Наукові записки Херсонського відділу Українського географічного товариства. Вип.4. - Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2008. – С. 49-51.

3. Стан довкілля Чорного моря. Національна доповідь України 1996-2000 роки. Український науковий центр екології моря. – Одеса:«Астропринт», 2002, 84 с.

4. Шуйський Ю. Д., Вихованець Г. В., Панкратенкова Д. О. Основні риси антропогенного впливу в береговій зоні Чорного та Азовського морів у межах України. – Укр. геогр. журн. 2019, №1(105). - Київ: 2019. -С. 8-14. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.01.008>

5. Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов.– 1962.– 710 с.

6. Даценко Л. М., Молодиченко В. В., Непша О. В. та ін. Північно-Західне Приазов'я: геологія, геоморфологія, геолого-геоморфологічні процеси, геоecологічний стан: монографія. - Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. – 308 с.

7. Горячкин Ю. Н. Відгук акумулятивних берегів Каламітської затоки на зміни рівня моря. - Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу: Зб. наук. пр. — Вип. 25. - т. 1. - Севастополь: 2011. - С. 73-82.

8. Екзогенні геологічні процеси. URL:

<http://www.geo.gov.ua/ekzogennigeologichni-procesi/>

9. Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов. - 1962. – 710 с.

10. Лоція Чорного та Азовського морів на води України. - Київ: Державна установа «держгідрографія», 2004. – 318с. – с.14-15.

11. Звіт про НДР «Мінливість океанологічних умов імпактних зон північно-західній частині Чорного моря під впливом кліматичних і антропогенних чинників» (заключний). - Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2021. - 204с.

12. Шуйський Ю. Д. Сучасний стан абразійних форм рельєфу в північно-західній частині Чорного мор. – Шацьке поозер'я в контексті змін клімату: збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 70-річчю від дня народження професора Петліна В. М. – Луцьк : ВНУ ім. Лесі Українки, 2021. С. 159-160.

13. Arkhipkin V.S. Wind waves in the Black Sea: results of a hindcast study / V.S. Arkhipkin, F.N. Gippius, K.P. Koltermfnn, V.A. Surko // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. – 2014. – P. 2883-2897.

15. Даценко Л. М., Молодиченко В. В., Непша О. В. та ін. Північно-Західне Приазов'я: геологія, геоморфологія, геолого-геоморфологічні процеси, геоекологічний стан: монографія. - Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. – 308 с.

16. Аристовський В. В., Слободян Р. Т. Стійкість берегів Каховського водосховища, що зазнають зсувних та посадочних деформацій. – Київ: Вид. АН УРСР, 1962. – 148с.

17. IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp. Електронний ресурс. Режим доступу:

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf Дата звернення: 15.06.21.

18. C. Schneider, C. L. R. Laizé, M. C. Acreman, M. Flörke. How will climate change modify river flow regimes in Europe? // *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 325–339, 2013 Електронний ресурс. Режим доступу https://www.researchgate.net/publication/277401585_How_will_climate_change_modify_river_flow_regimes_in_Europe

19. Diverging hydrological drought traits over Europe with global warming. / Carmelo Cammalleri, Gustavo Naumann, Lorenzo Mentaschi, Bernard Bisselink, Emiliano Gelati, Ad De Roo, Luc Feyen. // *Hydrol. Earth Syst. Sci.*- 2020.- 24.- P. 5919–5935.- <https://doi.org/10.5194/hess-24-5919-2020>

20. Impacts of climate change on European hydrology at 1.5, 2 and 3 degrees mean global warming above preindustrial level / Chantal Donnelly, Wouter Greuell, Jafet Andersson, Dieter Gerten, Giovanna Pisacane, Philippe Roudier, Fulco Ludwig.

21. Шевченко О., Власюк О., Ставчук І. та ін. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. // Кліматичний форум східного партнерства (КФСП) та Робоча група громадських організацій зі зміни клімату (РГ НУО ЗК), 2014. Електронний ресурс. Режим доступу: https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf Дата звернення: 24.05.21.

22. Проведення просторового аналізу змін водного режиму басейнів поверхневих водних об'єктів на території України внаслідок зміни клімату. // Український Гідрометеорологічний інститут. Звіт про НДР. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://uhmi.org.ua/project/rvndr/avr.pdf> Дата звернення: 24.05.21.

23. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації. Аналітична доповідь. / Іванюта С.П., Коломієць О.О., Малиновська О.А., Якушенко Л.М. – К.: Національний інститут стратегічних досліджень, 2020. Електронний ресурс. Режим доступу: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf Дата звернення: 24.05.21.

24. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Проект. / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко та ін. – Харків: УкрНДІЕП, 2012. – 37 с.

25. Корчемлюк М., Приходько М., Архипова Л. Вплив змін клімату на водний режим гірської частини басейну р. Прут. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/01/10-Korchemlyuk.pdf> Дата звернення: 24.05.21.

26. Вплив зміни клімату на гідрологічний режим Дністра. Електронний ресурс. Режим доступу: https://files.nas.gov.ua/text/pdfNews/Dnister_klimat_UHMI.pdf Дата звернення: 24.05.21.

27. Степова О. В., Рома В. В. Аналіз впливу змін кліматичних умов на кисневий режим річки Псел. - Вісник Полтавської державної аграрної академії. - № 2. – Полтава: 2018. - С. 113-119. DOI 10.31210/visnyk2018.02.18.

28. Уразливість дельти Дунаю (Молдова, Румунія, Україна) до зміни клімату, у тому числі сценарії та прогнози кліматичних змін. Звіт WWF, березень 2013. Електронний ресурс. Режим доступу: https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/factsheet_va_ukr.pdf Дата звернення: 24.06.21.

29. Лобода Н.С., Божок Ю.В. Оцінка змін водних ресурсів річки Дунай у ххі сторіччі за сценарієм А1В з використанням моделі “клімат-стік”. - Укр. гідрометеорол. ж., 2016, №18.- С. 112-120.

30. Романчук М.Є., Лященко О.С. Особливості гідрологічного режиму р. Дунай на ділянці м. Рені - м. Вилкове. // Вісн. Одес. держ. екол. унів., 2015, №19. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://bulletin.odeku.edu.ua/wp-content/uploads/2015/09/15-Romanchuk-Lyashchenko.pdf> Дата звернення: 20.05.21.

31. Васенко О. Г. , Верніченко-Цветков Д. Ю. , Ієвлева О. Ю. та ін. Тенденції змін гідрологічної ситуації у верхів'ї дельти Дунаю. - Збірник наукових статей XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення». - Харків: УкрНДІЕП, 2020. - С.- 76-83.

32. Холопцев А.В., Берлинский Н.А., Морозов В.Н. Мінливість характеристик Дунаю як фактор термічної трансформації середземноморських повітряних мас. - Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна серія «Екологія», вип. 13 – 2015. Електронний ресурс. Режим доступу: http://journals.urau.ua/visnukkhnu_ecology/article/view/57773 Дата звернення: 20.05.21.

33. Васенко О. Г., Д. Ю. Верниченко-Цветков, О. Ю. Ієвлева. Деякі особливості динаміки середньорічного стоку Дунаю за останні роки. // збірник наукових статей XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення», Харків: УКРНДІЕП.- 2021

34. Martin T. Dokulil. Impact of climate warming on European inland waters. // *Inland Waters: International Society of Limnology.*- 2013.- 4.- pp. 27-40.

35. Степова О.В., Рома В.В. Аналіз впливу змін кліматичних умов на кисневий режим річки Псел. // Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2018. –2. – С. 113-119.

36. Вишневський В.І., Куций А.В. Багаторічні зміни водного режиму річок України. – Київ: Наукова думка, 2022. – 269с.

37. Овчарук В. А., Іващенко С. В. Регіональна методика для визначення максимального стоку весняного водопілля річок суббасейну р. Десна в умовах змін клімату. - *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* 2020. № 1 (56). - Київ: 2020. -С. 15-25.

38. Данильченко О. С., Басов А. О. Зміна водності річки Ворскли за даними гідрологічного поста Чернеччина у період з 1979 по 2019 роки. - *Слобожанський науковий вісник. Серія Природничі науки*, випуск 1, 2023. – Суми: Видавничий дім«Гельветика». - С. 20-26.

39. Балабух В.О., Лук'янець О.І. Характер багаторічних змін атмосферних процесів та стоку в басейнах річок Пруту та Сірету (в межах України) у теплий період року. -

<https://www.researchgate.net/publication/32631886...2018p>.

40. Звіт про НДР «Комплексний метод ймовірносно-прогностичного моделювання екстремальних гідрологічних явищ на річках Півдня України для

забезпечення сталого водокористування в умовах кліматичних змін» (проміжний). - Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2021. - Одеса:ОДЕКУ, 2021. – 573с.

41. Blöschl, G. *et al.* Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature* 573, 108–111 (2019).

42. Вплив глобальних змін клімату на сферу діяльності водного господарства. - Черкаське управління захисних масивів Дніпровських водосховищ. - 13.01.2020 15:50 - <https://chuzmdv.gov.ua/index.php/442-vpliv-global>.

43. Корчемлюк М., Приходько М., Архипова Л. Вплив змін клімату на водний режим гірської частини басейну р. Прут. - Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – Вип. 1(6). - С. 118-128.

44. Arkhypova L.M. Forecasting water bodies hydrological parameters using singular spectrum analysis / L.M. Arkhypova, S.V. Pernerovska // Scientific bulletin of National Mining University. Scientific and technical journal number 2 (146)/2015. P.45-50

45. Дубняк С.С. Основні стадії та закономірності формування берегів великих рівнинних водосховищ. - Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. № 3 (61). – Київ: 2021. - С. 28-33.

46. Методика з проектування берегоукріплення локальними примивами з піщаних ґрунтів на водосховищах, які тривалий період експлуатуються з коливанням рівня до 2 м. – Київ: Держводгосп, УНДІВЕРП, 2003. – 73с.

47. Хільчевський В.К., Ободовський О.Г., Гребінь В.В. та ін. Загальна гідрологія: підручник – Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.

48. Давидов О.В., Мокра П.О. Загальні особливості розвитку берегової зони каскаду дніпровських водосховищ на сучасному етапі. - Наукові записки Херсонського відділу Українського географічного товариства. Вип.4. - Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2008. – С. 41-44.

49. Панасюк І. В., Томільцева А. І., Долинський В. Л. та ін. Що потрібно дніпровським водосховищам? - Гідроенергетика України, 3—4. – Вишгород: 2021. – С. 46-53.

50. Україна: Основні тенденції взаємодії суспільства і природи у ХХ ст. (Географічний аспект)– Київ: Академперіодіка, 2005. – 320 с.

51. Копач П.І., Данько Т.Т., Горобець Н.В. та ін. Методологічні підходи до встановлення меж складних техноекосистем. Екологія і природокористування. 2013. Вип. 17. С. 105–120.

52. Багмет О.Б. Вплив Дніпровського каскаду водосховищ на сучасний геоморфогенез прилеглих територій. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Сер. Екологія. 2017. Вип. 17. С. 55–62.

53. Сердюк С.М., Довганенко Д.О., Луньова О.В. - Сучасні деформації берегової лінії Дніпровського водосховища в контексті можливих геоекологічних наслідків. - Екологічні науки. Науково-практичний журнал №2(29). Т. 2 – Київ: Видавничий дім «Гельветика», 2020. –С. 76-81.

54. Бончковський О.С. Оцінка геоморфологічної безпеки басейну Хрінницького водосховища (р. Стир) - Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Географічні науки. Серія Географічні науки. Випуск 9. - Херсон: 2018. - С. 92-98.

55. Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe: The Europe ACACIA project / M.L. Parry (ed.)– Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, 2000.– 84 p.

56. Давыдов А. В. Вплив штормових нагонів на розвиток берегів з вітровим осушенням на Чорному морі. - Наукові записки Херсонського відділу Українського географічного товариства : зб. наук. праць. - Херсон: ФОП Вишемирський В.С., 2006. - Вип. 2. – С. 16-18.

57. Шуйский Ю.Д. Хвильовий вплив на береги морів на тлі сучасних змін клімату. - Доповіді Національної Академії наук України.-1996. - №10. -С.119-122.

58. Звіт про НДР «Мінливість океанологічних умов імпактних зон північно-західній частині Чорного моря під впливом кліматичних і антропогенних чинників» (заключний). - Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2021. - 204с.

59. Давидов О.В., Роскос О.М. Причини та наслідки штормового нагону в береговій зоні Бердянської затоки 11 листопада 2007 року // Фальцфейнівські читання. Зб. наук. праць. – Херсон: ПП Вишемирський, 2009. – С. 74-82.

60. Вишневський В.І., Куций А.В. Багаторічні зміни водного режиму річок України. – Київ: Наукова думка, 2022. – 269с.

61. Технічний звіт: опис характеристик району басейну річки Дніпро. Водна Ініціатива Європейського Союзу Плюс для країн Східного партнерства: Результати 2 та 3 ENI/2016/372-403. Версія 1.0 - Липень 2019. – 38с.

62. Лоева И. Д. Современное экологическое состояние северо-западной части Черного моря / И. Д. Лоева, В. В. Украинский, И. Г. Орлова, С. П. Ковалишина // Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу. - 2013. - Вип. 27. - С. 237-242. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebpsz_2013_27_42.

63. Украинский В. В., Гончаренко Н. Н. Межгодовые изменения и тенденции в эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Черного моря. - Український гідрометеорологічний журнал. – № 7. - Одеса: 2010.— С.211-219.

64. Звіт про НДР за темою № 5/1.3-18 «Розробка ранжованого переліку точкових джерел забруднення та визначення їх впливу на морське середовище на ділянках українського шельфу Чорного і Азовського морів» за темою №14/1.3-17 (проміжний) – Харків: УКРНДІЕП, 2017. – 187с.

65. Звіт про НДР «Інвентаризація точкових джерел забруднення у межах прибережної смуги Чорного моря та їх ранжування за ступенем впливу на морську екосистему», заключний звіт. – Одеса: УкрНЦЕМ, 2003 р. - 116 с.

66. Звіт про НДР «Розробка цільових заходів, що відповідають потребам збереження прибережно-морських екосистем Азовського та Чорного морів», заключний звіт. – Харків: УкрНДІЕП, 2005 р. - 131 с.

67. Звіт про НДР «Розробка ранжованого переліку точкових джерел забруднення та визначення їх впливу на морське середовище на ділянках шельфу Чорного і Азовського морів» (остаточний). – Харків: УКРНДІЕП, 2018. – 149с.

68. Комплексне управління «гарячими» точками і збереження екосистеми Чорного моря – HOT BLACK SEA : Звіт про НДР (заключний) / ОДЕКУ; кер. В. Коморін. – Одеса, 2014. – 229 с.

69. Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria. / K. D. Johnk, J. Huisman, J. Sharples, B. Sommeijer, P. M. Visser, J. M. Stroom. // *Global Change Biology*.- 2008.- 14.- P.495–512

70. Aleksandra Magdalena Lewandowska. Effects of warming on the phytoplankton succession and trophic interactions. Dissertation in fulfilment of the requirements for the degree “Dr. rer. nat.” of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences at Kiel University, Kiel, 2011

71. Christopher J. Gobler. Climate Change and Harmful Algal Blooms: Insights and perspective.// *Harmful Algae*.- 91.- 2020.- 101713.- P. 1-4.

72. Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health. / Stephanie K Moore, Vera L Trainer, Nathan J Mantua, Micaela S Parker, Edward A Laws, Lorraine C Backer and Lora E Fleming // *Environmental Health* 2008, 7(Suppl 2):S4. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.ehjournal.net/content/7/S2/S4> Дата звернення 12.07.22.

73. Tewari K. A Review of Climate Change Impact Studies on Harmful Algal Blooms. *Phycology* 2022, 2, 244–253. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/phycology2020013> Дата звернення: 12.07.22.

74. Editorial: Phytoplankton Dynamics Under Climate Change. / Eker-Develi E, Kideys AE, Mikaelyan A, Devlin MJ, Newton A. // *Front. Mar. Sci.*, 2022, 9:869618.

75. B. Dale, M. Edwards, P. C. Reid. Climate Change and Harmful Algal Blooms. // *Ecological Studies*, Vol. 189.- Ecology of Harmful Algae / ed. by. Edna Granéli and Jefferson T. Turner. / Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.- 2006.- P. 367-377.
76. Warming will affect phytoplankton differently: evidence through a mechanistic approach / I. Emma Huertas, Monica Rouco, Victoria Lopez-Rodas, Eduardo Costas. // *Proc. R. Soc. B* (2011) 278, P. 3534–3543.
77. Combined Effects of Experimental Warming and Eutrophication on Phytoplankton Dynamics and Nitrogen Uptake / Chen Yu, Chao Li, Tao Wang, Min Zhang, Jun Xu // *Water* 2018, 10, 1057.
78. Response of Natural Cyanobacteria and Algae Assemblages to a Nutrient Pulse and Elevated Temperature / Miquel Lüring, Mariana Mendes e Mello, Frank van Oosterhout, Lisette de Senerpont Domis, Marcelo M. Marinho. // *Front. Microbiol.* 9:1851.
79. Emilie Lance. Impacts des cyanobactéries toxiques sur les gastéropodes dulcicoles et sur leur rôle de vecteur dans le transfert des microcystines au sein du réseau trophique. // *Ecologie, Environnement*. Université Rennes 1, 2008. Français. – 299 p.
80. Epstein P.R. Algal blooms in the spread and persistence of cholera // *Biosystems* 1993 v 31 2-3 209-221p.
81. Oaie G., Seghedi A., Radulelescu V. Natural marine hazards in the Black Sea and the system of their monitoring and real-time warning / G. Oaie, A. Seghedi, V. Radulelescu // *Geo-Eco-Marina*. – 2016. – No.22. – P. 5-28.
82. Осадчий В.І., Осадча Н.М. Кисневий режим поверхневих вод України *Наук. праці УкрНДГМІ*, 2007, Вип. 256. – Київ: 2007. – С. 265-285.
83. Рибалова О. В., Белан С. В. Аналіз причин виникнення надзвичайних ситуацій масової загибелі риби в Харківській області. - *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. - № 6/10 (60). - Харків: 2012. – С. 17-21.
84. Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія. – К.: Либідь, 1997. – 384 с.

85. Зниження рівня кисню у водоймах загрожує життю на планеті. - DW <https://www.dw.com> › znizenna-rivna-kisnu-u-vodojma...

86. L. Meire, K. E. R. Soetaert, and F. J. R. Meysman. Impact of global change on coastal oxygen dynamics and risk of hypoxia. - *Biogeosciences*, 10, 2 633–2653, 2013. www.biogeosciences.net/10/2633/2013/. doi:10.5194/bg-10-2633-2013.

87. Laurent, A., Fennel, K., Ko, D. S., & Lehrter, J. (2018). Climate change projected to exacerbate impacts of coastal eutrophication in the northern Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123, 3408–3426. <https://doi.org/10.1002/2017JC013583>

88. Секрети Чорного моря практично розкриті. - Документ підготовлений в рамках проекту ЄС / ПРООН «Удосконалення екологічного моніторингу Чорного моря – фаза II» (EMBLAS-II) ENPI/2013/313-169. Дата: квітень 2017 року. - Опубліковано: UNDP Regional Bureau for Europe and the CIS, 2017. - 36с. www.emblasproject.org

89. Стан довкілля Чорного моря. Національна доповідь України 1996 – 2000 роки. - Одеса: «Астропринт», 2002 р. – 80с.

90. Украинский В.В. Вплив північно-атлантичного коливання на клімат та режим кисню глибинних вод Північно-Західного шельфу Чорного моря. - Причорноморський екологічний бюлетень №4 (30). - Одеса: 2008. – С. 67-73.

91. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. – Київ: 2022. - 514с. (с. 65).

92. Laura Soares, Jean-Philippe Jenny, Olivia Desgué-Itier et al. A crisis of lake hypoxia in the Anthropocene: The long-term effects of climate and nutrients. – 2023. 23p. - DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3234938/v1>.

93. Adrian R. et al. 2009. Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography* 54: 2283–2297.

94. Jankowski T, Livingstone DM, Forster R, Böhner H, Niederhauser P. Consequences of the 2003 European heat wave for lakes: Implications for a warmer world. *Limnol. Oceanogr.* 2006; 51:815–819.

95. Deng, C.; Zhang, H.; Hamilton, D.P. Assessing the Impacts of Climate Change and Water Extraction on Thermal Stratification and Water Quality of a Subtropical Lake Using the GLM-AED Model. - *Water* 2024, 16, 151. <https://doi.org/10.3390/w16010151>

96. Jane SF, Mincer JL, Lau MP et al. Longer duration of seasonal stratification contributes to widespread increases in lake hypoxia and anoxia. *Glob. Change Biol.* 2022. doi: [10.1111/gcb.16525](https://doi.org/10.1111/gcb.16525)

97. Кравчинський Р. Л. Характеристика кисневого режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець. - *Наук. праці УкрНДГМІ*, 2009, Вип. 258. – Київ: 2009. – С. 149-159.

98. Бенеш О.Р. Кризовий моніторинг органічного забруднення вод (на прикладі р. Західний Буг). - «Young Scientist» • № 1 (113) - Видавництво "Молодий вчений", 2023. – С. 45-50. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-1-113-10>

14. Oaie G., Seghedi A., Radulelescu V. Natural marine hazards in the Black Sea and the system of their monitoring and real-time warning / G. Oaie, A. Seghedi, V. Radulelescu // *Geo-Eco-Marina*. – 2016. – No.22. – P. 5-28.

8. Shuisky Y.D. Erosion and Coastal Defense on the Black Sea Shores / Y.D. Shuisky // *Directions in European Coastal Management*. Eds by M.G. Healy & J.P. Doody. – Cardigan: Samara Publ. Ltd (UK), 1995. – P. 207-212.

24. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Проект. / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко та ін. – Харків: УкрНДЦЕП, 2012. – 37 с.

-9а. Вишневський В.І. Дніпровські водосховища та проблеми їх використання. *Гідроенергетика України*. №3–4. – Київ: 2018. - С. 18–23.

Розділ 2. ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ТА ВРАЗЛИВОСТІ ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ.

1. Yingying Liu and Yuanzhi Zhang. Assessment of Coastal Zone Vulnerability in the Context of Sea Level Rise and Climate Change. - Sea Level Rise and Climate Change – Impacts on Coastal Systems and Cities, 2023. – 19p. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.113955>

2. Balica S. Approaches of understanding developments of vulnerability indices for natural disasters. Environmental Engineering & Management Journal. 2012; 11(5): 963-974. DOI: 10.30638/eemj. 2012.120

3. European Climate Risk Assessment. European Environment Agency. - Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024. - 425p. doi:10.2800/204249

4. Nguyen KA, Liou YA. Global mapping of eco-environmental vulnerability from human and nature disturbances. Science of the Total Environment. 2019; **664**:995-1004. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.407

5. Yan Zhang, Zhiyun Ouyang, Chao Xu et al. A multi-hazard framework for coastal vulnerability assessment and climate-change adaptation planning. - Environmental and Sustainability Indicators 21 (2024) 100327. – 1-8p. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100327>

6. Wilson L., New S., Daron J., Golding N. (2021). Climate Change Impacts for Ukraine. Met Office. – 34p.

7. Kovalets, I. V, Kivva, S. L. & Udovenko, O. I. Usage of the WRF/DHSVM model chain for simulation of extreme floods in mountainous areas: a pilot study for the Uzh River Basin in the Ukrainian Carpathians. *Nat. Hazards* 75, 2049–2063 (2015).

8. World Health Organization. Floods in Moldova, Romania and Ukraine (summer 2008). <https://www.euro.who.int/en/healthtopics/health-emergencies/from-disaster-preparedness-and-response/policy/response/floods-2008> (2021).

9. Emergency Management Service. Flooding in western Ukraine, June 2020. *Copernicus EMS - European Flood Awareness System* <https://www.efas.eu/en/news/flooding-western-ukraine-june-2020> (2020).

10. Bezpiatchuk, Z. Ukraine floods: Why climate change and logging are blamed. *BBC World News* (2020).

11. Huo, R. *et al.* Extreme Precipitation Changes in Europe from the Last Millennium to the End of the Twenty-First Century. *J. Clim.* 34, 567–588 (2021).

12. Nicklin, H., Leicher, A. M., Dieperink, C. & Van Leeuwen, K. Understanding the Costs of Inaction—An Assessment of Pluvial Flood Damages in Two European Cities. *Water* **11**, (2019).

13. Адаптація до зміни клімату. Навчальний посібник. – Ужгород: Карпатський Інститут Розвитку. Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону «ФОРЗА», 2015. – 88с.

14. Платонов О.І. Державна політика адаптації портів та прибережної транспортної інфраструктури до змін клімату як упередження вразливості мультимодальних перевезень. - Вісник Національного університету цивільного захисту України. Серія : Державне управління. - 2021. - Вип. 2. - С. 177-191. DOI: 10.52363/2414-5866-2021-2-22

15. Голубцов О.Г., Біатов А. П., Селіверстов О. Ю. та ін. Вода близько. Підвищення рівня моря в Україні внаслідок зміни клімату (повний звіт за результатами дослідження). Центр екологічних ініціатив «Екодія».— Київ: 2018.—69 с.

16. Мадерич В.С., Ковалець І. В., Терлецька К.В., Бровченко І.О. Чисельне моделювання змін рівня Чорного і Азовського морів в рамках сценаріїв кліматичних змін у ХХІ сторіччі//Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика, 2017. - с. 44 - 45.

17. Букша І.Ф., Гожик П.Ф., Ємельянова Ж.Л. та ін. Україна та глобальний парниковий ефект: вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату. – Київ: Видавництво Агентства з раціонального використання енергії та екології, 1998. – 210 с.

18. Давидов О. В., Котовський І. М., Зінченко М. О. Катастрофічні синоптичні коливання рівня моря в межах мілководних заток Чорного та Азовського морів. - Регіональні проблеми України: географічний аналіз та пошук шляхів вирішення: матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції (з міжнародною участю). – Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2019. – С. 90-92.

19. Третє, четверте та п'яте національні повідомлення України щодо питань зміни клімату (2009). – Київ: 2009. – 366с.

20. Адаптація до глобальної зміни клімату <https://ucn.org.ua>

21. Звіт про НДР «Оцінка тенденцій в економічній і соціальній сферах приморських регіонів України з урахуванням екологічних критеріїв». – Одеса: УкрНЦЕМ, 2017. – 109с.

22. Голубцов О.Г., Біатов А.П., Селіверстов О.Ю. та ін. Вода близько. Підвищення рівня моря в Україні внаслідок зміни клімату (повний звіт за результатами дослідження) [Електронний ресурс]. - Центр екологічних ініціатив “Екодія”, 2019. - 71 с. - режим доступу: <http://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4111>

23. Давидов О. В., Роскос О. М. Причини та наслідки штормового нагону в береговій зоні Бердянської затоки 11 листопада 2007 року. - Фальцфейнівські читання. Зб. наук. праць. – Херсон: ПП Вишемирський, 2009. – С. 74-82.

24. Давидов О. В., Котовський І. М., Зінченко М. О. Катастрофічні синоптичні коливання рівня моря в межах мілководних заток Чорного та Азовського морів. - Регіональні проблеми України: географічний аналіз та пошук шляхів вирішення: матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції (з міжнародною участю). – Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2019. – С. 90-92.

25. Давыдов А.В. Влияние штормовых нагонов на развитие берегов с ветровой осушкой. - Наукові записки Херсонського відділу Українського географічного товариства. Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2006. – Вип. 2. – С. 16-18.

26. Конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі, http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_032.

27. Тучковенко О. А. Тучковенко Ю. С. Оцінка змін характеристик гідроекологічного режиму Тилігульського лиману під дією кліматичних чинників. - Водні біоресурси та аквакультура Водні біоресурси та аквакультура. - № 2(10). - Херсон: Видавничий дім «Гельветика» 2021. - С. 176-186.

28. Blöschl, G. et al. Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature 573, 108–111 (2019).

29. Іванюта С. П. Коломієць О. О., Малиновська О. А. та ін. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналітична доповідь. – Київ: Національний інститут стратегічних досліджень, 2020. – 110 с.

30. Звіт про стратегічну екологічну оцінку Плану управління ризиками затоплення для окремих територій у межах району басейну річки Дунай на 2023–2030 роки. – 44с. - ЗВІТ ПРО СТРАТЕГІЧНУ ЕКОЛОГІЧНУ ОЦІНКУ Плану ...<https://dsns.gov.ua> > upload.

31. Уразливість дельти Дунаю (Молдова, Румунія, Україна) до зміни клімату, у тому числі сценарії та прогнози кліматичних змін. Звіт WWF, березень 2013. Електронний ресурс. Режим доступу: https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/factsheet_va_ukr.pdf Дата звернення: 24.06.21.

32. Лобода Н.С., Божок Ю.В. Оцінка змін водних ресурсів річки Дунай у XXI сторіччі за сценарієм А1В з використанням моделі «клімат-стік». Укр. гідрометеорол. ж., 2016, №18.- С. 112-120. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://uhmj.odeku.edu.ua/wpcontent/uploads/2016/12/15-LobodaBozhok.pdf>

33. Романчук М. Є., Лященко О.С. Особливості гідрологічного режиму р. Дунай на ділянці м. Рені - м. Вилкове. - Вісн. Одес. держ. екол. унів., 2015, №19. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://bulletin.odeku.edu.ua/wp-content/uploads/2015/09/15->

34. Холопцев А.В., Берлинский Н.А., Морозов В.Н. Мінливість характеристик Дунаю як фактор термічної трансформації середземноморських

повітряних мас. - Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна серія «Екологія», вип. 13 – 2015. Електронний ресурс. Режим доступу: http://journals.uran.ua/visnukkhnu_ecology/article/view/57773

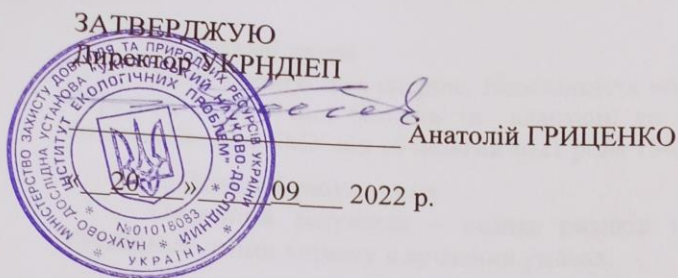
35. Васенко О. Г., Верниченко-Цветков Д. Ю., Ієвлева О. Ю. та ін. Тенденції змін гідрологічної ситуації у верхів'ї дельти Дунаю. // збірник наукових статей XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення», 14-18 вересня 2020 р., Харків: УКРНДІЕП.- 2020. - С.- 76-83.

36. Васенко О. Г., Верниченко-Цветков Д. Ю., Ієвлева О. Ю. Деякі особливості динаміки середньорічного стоку Дунаю за останні роки. - Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XVII Міжнародної науково-практичної конференції. - Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XVII Міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: – ПП «Стиль-Іздат», 2021. - С. 56-62.

37. Вплив глобальних змін клімату на сферу діяльності водного господарства. - Черкаське управління захисних масивів Дніпровських водосховищ. - 13.01.2020 15:50 - <https://chuzmdv.gov.ua> › [index.php](#) › 442-vpliv-global.

[38. Вплив глобальних змін клімату на сферу діяльності ...](#)

<https://chuzmdv.gov.ua> › [index.php](#) › 442-vpliv-global... Создано 09.02.2021.



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на виконання прикладної наукової роботи
за темою № 17

1. Найменування прикладної наукової роботи

Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату.

2. Підстава виконання

Пункт 14 доручення Кабінету Міністрів України від 07.04.2021 р. № 12313/1/1-21 абзац другий підпункту 5 пункту 2 Рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про заходи щодо підвищення рівня хімічної безпеки на території України», введеного в дію Указом Президента України від 19.03.2021 р. № 104

3. Основні завдання

Мета роботи: здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату.

Актуальність роботи визначається глобальними змінами клімату та необхідністю збереження та відновлення природних екосистем прибережних територій в умовах зміни клімату. В даний час вже розроблено та затверджено План управління ризиками затоплення на окремих територіях у межах районів басейнів річок України на 2023 – 2030 роки. В той же час, алгоритм методики здійснення оцінки ризиків та вразливості цих прибережних територій до зміни клімату до кінця не розроблено. При їх розробці необхідно враховувати, що кліматичні зміни це дуже складна система, в якій навіть незначні зміни окремих елементів можуть призводити до великих перебудов. Також, при обліку та прогнозуванні зміни під впливом кліматичних перемін окремих показників слід враховувати їхню спільну дію.

Основні завдання:

здійснити огляд наявної інформації стосовно сучасного впливу зміни клімату на стан прибережних територій;

провести аналіз методів здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату в умовах України;

виконати огляд, вибір та обґрунтування основних характеристик прибережних територій України та чинників, які на них впливають, що потрібно враховувати при розробленні заходів щодо мінімізації наслідків зміни клімату;

зібрати дані про сучасний стан прибережних територій України з позицій порушення їхньої цілісності через зміну клімату;

провести оцінку ризиків та вразливості прибережних територій України до зміни клімату в сучасних умовах.

4. Вихідні дані

НДР виконується вперше. Необхідність обумовлена виконанням завдань які дані в Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року. Розпорядження КМУ від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р. – пункт №14 операційного плану.

5. Основні результати

Основний результат – оцінка ризиків та вразливості прибережних територій України до зміни клімату в сучасних умовах.

Впровадження результатів роботи:

Отримані результати НДР будуть передані для використання та впровадження до Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. Вони можуть бути використані при підготовці планів дій з адаптації прибережних територій до зміни клімату під час розроблення і затвердження документів державного планування, регіонального та місцевого розвитку, впровадження збалансованого природокористування, збереження та відновлення природних екосистем.

Еколого-економічний ефект роботи:

Оцінка ризиків та вразливості прибережних територій України до зміни клімату дозволить виявити території у найбільш загрозовому стані та передбачити їх захист.

Вплив на зовнішнє середовище. Екологізація:

Збереження прибережних територій та екосистем України завдяки підвищенню їх стійкості до зміни клімату.

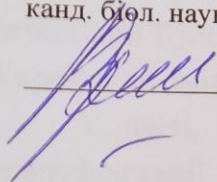
6. Етапи прикладної наукової роботи та терміни виконання

№ з/п	Найменування етапу	Термін складання звіту/термін презентації	Очікувані результати
1	Огляд наявної інформації стосовно сучасного впливу зміни клімату на стан прибережних територій.	Вересень 2022 р./ грудень 2022р.	Проміжний звіт, що містить огляд стану прибережних територій України за сучасних умов зміни клімату за наявною інформацією.
2	Аналіз методів здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату в умовах України. Огляд, вибір та обґрунтування основних характеристик прибережних територій України та чинників, які на них впливають, що потрібно враховувати при розроблення заходів щодо мінімізації наслідків зміни клімату.	Січень 2023 р./ грудень 2023р.	Проміжний звіт, що містить перелік, аналіз та обґрунтування найважливіших характеристик прибережних територій України та факторів, що посилюють їх вразливість до зміни клімату.

107

3	Збір даних про сучасний стан прибережних територій України з позицій порушення їхньої цілісності через зміну клімату. Проведення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій України до зміни клімату в сучасних умовах.	Листопад 2023 р./ грудень 2024р.	Заключний звіт, що містить оцінку ризиків та вразливості прибережних територій України до зміни клімату в сучасних умовах.
---	--	--	--

Науковий керівник,
Перший заступник директора з наукової роботи,
завідувач лабораторії досліджень екологічної
стійкості об'єктів довкілля та природних
територій особливої охорони,
канд. біол. наук



Олександр ВАСЕНКО

108

РЕЦЕНЗІЯ
на науково-дослідну роботу
за темою: «Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій
до зміни клімату»

На рецензію надано: звіт про науково-дослідну роботу, технічне завдання та календарний план її проведення.

Робота розрахована на три роки. Звіт присвячено результатам робіт третього року досліджень. У звіті дано аналіз великої кількості результатів досліджень іноземних та вітчизняних авторів. Згідно технічного завдання, в заключному звіті необхідно було провести оцінку ризиків та вразливості прибережних територій України до зміни клімату в сучасних умовах.

У звіті, що розглядається, визначено вплив змін клімату на процеси трансформації берегової лінії морів та водосховищ, виконано оцінку впливу кліматичних змін на зниження річкового стоку річок України. Цінним вважаємо позначку авторів звіту на те, що спостерігається внутрішньорічний перерозподіл стоку і хоча середньорічні показники зменшуються, можливі великі затоплення прибережних річкових територій по всій Україні. Також підтверджено тенденцію до зниження стоку Дунаю, причому останніми роками ця тенденція посилюється.

Важливими є оцінки з впливу змін клімату на «цвітіння» поверхневих і морських вод та процеси зниження вмісту кисню у воді водних об'єктів.

В цілому роботу можна оцінити позитивно. Її окремі результати мають певне наукове і прикладне значення. В той же час окремі частини тексту звіту потребують стилістичної обробки.

Заключний звіт науково-дослідної роботи «Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату» згідно з Планом науково-дослідних робіт УКРНДІЕП на 2024 рік відповідає Технічному завданню та може бути рекомендований для розгляду та схваленню на Вченій раді установи.

Рецензент:

Завідувач сектору досліджень територій
особливої охорони лабораторії досліджень
екологічної стійкості об'єктів довкілля
та природних територій особливої охорони
канд. геогр. наук

Підпис засвідчую



О. В. Клімов

РЕЦЕНЗІЯ

на науково-дослідну роботу

за темою: «Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату»

На рецензію надано: звіт про науково-дослідну роботу, технічне завдання та календарний план її проведення.

Робота розрахована на три роки. Звіт присвячено результатам робіт третього року досліджень. У звіті дано аналіз великої кількості результатів досліджень іноземних та вітчизняних авторів. Згідно технічного завдання, в заключному звіті необхідно було провести оцінку ризиків та вразливості прибережних територій України до зміни клімату в сучасних умовах.

У звіті, що розглядається, проведено багатосторонній аналіз впливу змін клімату на основні характеристики прибережних територій України, як морів, так і поверхневих водних об'єктів України. Досліджені процеси зміни берегової лінії Чорного та Азовського морів та водосховищ України під дією кліматичних факторів. Розглянуто вплив кліматичних змін на окремі внутрішньоводоемні процеси, зокрема на розвиток цвітіння води та формування кисневого режиму водойм. Доказано, що зміни клімату є однією з причин зниження вмісту кисню у воді водних об'єктів. Спостерігаються процеси зниження концентрації кисню та розвиток придонної гіпоксії у Чорному морі, річках та водосховищах України.

Розгляд впливу змін клімату на рівень кисню у водоймах вважаємо дуже важливим, оскільки в останній час у водоймах збільшилася кількість літніх заморів гідробіонтів. Наприклад, у Харківській області частіше спостерігаються масові літні замори риби.

У звіті також були оцінені масштаби затоплення приморських територій внаслідок підвищення рівня морів через зміну клімату.

Проведену роботу можна оцінити як позитивну і таку, що має певний науковий і прикладний інтерес. Однак деякі частини тексту звіту потребують стилістичної обробки.

В цілому остаточний звіт науково-дослідної роботи «Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату» згідно з Планом науково-дослідних робіт УКРНДІЕП на 2024 рік відповідає Технічному завданню та може бути рекомендований для розгляду та схваленню на Вченій раді установи.

Рецензент:

Директор НДІ біології Харківського
Національного університету,
д-р біол. наук, проф.



А . І . Божков



МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

НАУКОВО-ДОСЛІДНА УСТАНОВА
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ»
(УКРНДІЕП)

ВИТЯГ ІЗ ПРОТОКОЛУ

10.12.2024 № 8

м. Харків

засідання Вченої ради в режимі on-line конференції

Склад Вченої ради науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» затверджено директором установи Гриценком А. В. від 30.01.2019 р. у складі 25 осіб.

ПРИСУТНІ:

1. Голова Вченої ради – Гриценко Анатолій Володимирович – д-р геогр. наук, проф., директор
2. Заступник голови Вченої ради – Васенко Олександр Георгійович – канд. біол. наук, старш. наук. співроб., доц., заступник директора з наукової роботи, завідувач лабораторії досліджень екологічної стійкості об'єктів довкілля та природних територій особливої охорони
3. Заступник голови Вченої ради – Дмитрієва Олена Олексіївна – д-р екон. наук, старш. наук. співроб., заступник директора з наукової роботи та маркетингу наукових досліджень, завідувач лабораторії екологічно безпечного природокористування, засобів і методів моніторингу довкілля
4. Секретар Вченої ради – Савченко Наталя Володимирівна – вчений секретар
5. Аніщенко Людмила Яківна – д-р. техн. наук, доц., завідувач лабораторії оцінки впливу на довкілля, стратегічної екологічної оцінки та екологічної експертизи
6. Брук Володимир Вікторович – канд. техн. наук, завідувач лабораторії проблем формування та регулювання якості вод
7. Варламов Євгеній Миколайович – канд. техн. наук, старш. наук. співроб., завідувач сектору засобів і методів моніторингу навколишнього природного середовища лабораторії екологічно безпечного природокористування, засобів і методів моніторингу довкілля
8. Гутков Георгій Валентинович – завідувач сектору дослідження технологічних викидів забруднюючих речовин та еколого-енергетичного аудиту лабораторії охорони атмосферного повітря та систем управління відходами; голова первинної профспілкової організації
9. Зінченко Ірина Василівна – завідувач лабораторії міських і виробничих стічних

- вод
10. Клімов Олександр Васильович – канд. геогр. наук, завідувач сектору досліджень територій особливої охорони лабораторії досліджень екологічної стійкості об'єктів довкілля та природних територій особливої охорони
 11. Коваленко Григорій Дмитрович – д-р фіз.-мат. наук, проф., старший науковий співробітник лабораторії радіоекологічної безпеки та радіаційного моніторингу
 12. Крайнюкова Алла Миколаївна – д-р біол. наук, проф., провідний науковий співробітник лабораторії еколого-токсикологічних досліджень антропогенного впливу на компоненти довкілля та нормування екологічно безпечного природокористування
 13. Маркіна Надія Кузьмівна – завідувач лабораторії екологічної гідрогеології та оцінювання екологічного стану територій
 14. Мельников Андрій Юрійович – канд. техн. наук, старший науковий співробітник лабораторії еколого-аналітичних досліджень
 15. Палагута Оксана Анатоліївна – канд. техн. наук, старший науковий співробітник сектору засобів і методів моніторингу навколишнього природного середовища лабораторії екологічно безпечного природокористування, засобів і методів моніторингу довкілля; член Ради молодих вчених
 16. Пісня Леонід Андрійович – канд. техн. наук, провідний науковий співробітник лабораторії оцінки впливу на довкілля, стратегічної екологічної оцінки та екологічної експертизи
 17. Савцова Оксана Вікторівна – д-р. техн. наук, проф., старший науковий співробітник лабораторії радіоекологічної безпеки та радіаційного моніторингу
 18. Свердлов Борис Соломонович – старший науковий співробітник лабораторії оцінки впливу на довкілля, стратегічної екологічної оцінки та екологічної експертизи
 19. Уберман Володимир Ілліч – канд. техн. наук, провідний науковий співробітник лабораторії проблем формування та регулювання якості вод
 20. Хабарова Ганна Володимирівна – канд. техн. наук, провідний науковий співробітник лабораторії радіоекологічної безпеки та радіаційного моніторингу, завідувач аспірантурою зі спеціальності 101 – Екологія, галузь знань 10 – Природничі науки
 21. Цалко Наталія Сергіївна – канд. техн. наук, доц., завідувач лабораторії еколого-токсикологічних досліджень антропогенного впливу на компоненти довкілля та нормування екологічно безпечного природокористування, Гарант освітньо-наукової програми «Екологічна безпека» за спеціальністю 101 Екологія.
 22. Шевченко Людмила Петрівна – завідувач сектору нормування екологічно безпечного природокористування лабораторії еколого-токсикологічних досліджень антропогенного впливу на компоненти довкілля та нормування екологічно безпечного природокористування
 23. Юрченко Анатолій Іванович – завідувач лабораторії природоохоронних заходів в агропромисловому та паливно-енергетичному комплексах

ЗАПРОШЕНІ:

Черба О. В. – науковий співробітник лабораторії досліджень екологічної стійкості об'єктів довкілля та природних територій особливої охорони, УКРНДІЕП;
Карлюк А. А. – науковий співробітник лабораторії досліджень екологічної стійкості об'єктів довкілля та природних територій особливої охорони, УКРНДІЕП;
Гайдріх І. В. – науковий співробітник сектору досліджень територій особливої охорони лабораторії досліджень екологічної стійкості об'єктів довкілля та природних територій особливої охорони.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

4. Про розгляд остаточного звіту про науково-дослідну роботу № 17 «Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату» 2022-2024 рр.

Науковий керівник: Васенко Олександр Георгійович

Відповідальний виконавець: Старко Миколай Вікторович

Доповідач: Васенко Олександр Георгійович

Рецензент внутрішній: Клімов Олександр Васильович

Рецензент зовнішній: Божков Анатолій Іванович, директор Науково-дослідного інституту біології Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, д-р біол. наук, проф.

4. СЛУХАЛИ:

Васенко О.Г. – виступив з доповіддю про науково-дослідну роботу № 17 «Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату» (остаточний звіт) на замовлення Міндовкілля України. У своїй доповіді він зазначив, що даний науковий звіт є II етапом НДР «Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату».

Актуальність роботи: визначається необхідністю збереження та відновлення природних екосистем прибережних територій в умовах зміни клімату у зв'язку з очікуваним зростанням температури прибережних водойм, підвищенням рівня моря, забрудненням вод і зростанням кількості та інтенсивності штормових і паводкових явищ. При цьому необхідно враховувати, що навіть незначні зміни окремих елементів екосистеми можуть призводити до значних перебудов. Важливим є також врахування сукупної дії факторів впливу на окремі складові прибережних територій та відновлення природних екосистем

Мета роботи: здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату.

Підстави для виконання: Пункт 14 доручення Кабінету Міністрів України від 07.04.2021 р. № 12313/1/1-21 абзац другий підпункту 5 пункту 2 Рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про заходи щодо підвищення рівня хімічної безпеки на території України», введеного в дію Указом Президента України від 19.03.2021 р. № 104

Терміни виконання роботи: 2022 – 2024 рр.

Об'єкт дослідження: Оцінка ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату.

Основні завдання роботи:

1. Провести аналіз наявної інформації стосовно сучасного впливу зміни клімату на стан прибережних територій.
2. Проаналізувати методи здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату в умовах України.
3. Виконати огляд, вибір та обґрунтування основних характеристик прибережних територій України та чинників, які на них впливають, для врахування при розробленні заходів щодо мінімізації наслідків зміни клімату.
4. Зібрати дані про сучасний стан прибережних територій України з позицій порушення їхньої цілісності через зміну клімату.
5. Оцінити ризики та вразливість прибережних територій України до зміни клімату в сучасних умовах.

Підгрунття для виконання роботи: НДР виконується вперше. Необхідність обумовлена виконанням завдань які наведені в "Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року" та розпорядження КМУ від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р. – пункт №14 операційного плану.

Основні результати роботи:

1. Зібрані дані про сучасний стан прибережних територій України з оцінкою, в тому числі:
 - Впливу зміни клімату на берегову лінію водних об'єктів.
 - Наявності знижених ділянок рельєфу біля морів України, які можуть бути затоплені морем.
 - Присутності точкових джерел забруднення морського шельфу Азовського та Чорного морів.
 - порушення кисневого режиму прибережних зон водойм в умовах зміни клімату.
2. Проведено оцінки ризиків та вразливості прибережних територій України до зміни клімату в сучасних умовах.

Висновки:

1. Зміни клімату впливають на стан берегової лінії Чорного та Азовського морів. Приморські береги характеризуються переважанням абразійних процесів – механічним руйнуванням порід, з яких вони складені та перенесення уламків прибійними хвилями та течіями біля берегової лінії. Абразія змінює нарис берегової лінії водойм, поступово відсуваючи її у бік суші. Крім того стан берегової лінії морів змінюється під впливом антропогенних факторів.

Процеси перетворення берегів спостерігаються також на всіх водосховищах України. І хоча стан берегів великих рівнинних водосховищ України оцінюється на сьогодні як на початку етапу стабілізації, вони продовжують розмиватися. Через їх руйнування відбувається як втрата берегових територій (щорічно сотні гектарів родючих земель, так і постійна небезпека затоплення прилеглої до водосховищ місцевості на площі понад 200 тис. га.

2. Для України, як і для всього півдня Європи, прогнозується істотне зниження річкового стоку. Прогнозується зменшення останніми роками стоку малих і середніх річок на 10-20% на півночі України й на 20-50% на півдні. Причини зниження водності річок у першу чергу природні, це насамперед кліматичні. При цьому спостерігається внутрішньорічний чергу природні, це насамперед кліматичні. При цьому спостерігається внутрішньорічний перерозподіл стоку, і хоча середньорічні показники зменшуються, меженні, навпаки, збільшуються. Тому, незважаючи на зменшення річного стоку річок, можливі великі затоплення прибережних річкових територій по всій Україні.

3. Підтверджено тенденцію до зниження стоку Дунаю, отриману за даними багаторічних спостережень і прогнозних моделей, а також показано, що останніми роками ця тенденція посилюється. Показано, що в маловодний сезон, який приходить на осінні місяці дослідженого періоду, тенденція до зниження стоку є значно помітнішою, ніж у багатоводний сезон, який приходить на весняні місяці. Відзначена чітка тенденція до збільшення нерівномірності стоку Дунаю за досліджуваний період.
4. Під час підвищення рівня води в Чорному та Азовському морях є велика можливість стоку морської води на знижені ділянки рельєфу. Так в межах Арабатської Стрілки, що відноситься до території Херсонської області, до ділянок зі зниженим рівнем поверхні відносять район протоку Тонкої та Верблюжачої, низьке місце між Генгоркою та Щасливцевим, та вузьке місце між Щасливцевим та Стрілковим.
5. Морське середовище Азовського та Чорного морів забруднюється речовинами з точкових та дифузних джерел. Найбільший внесок таких речовин, зокрема біогенів та нафтопродуктів, до прибережних вод Чорного моря приносить р. Дунай, об'єм стоку якого складає приблизно 80% сумарного стоку інших річок, що надходить до північно-західної частини Чорного моря. Також значним джерелом забруднення в прибережній смузі є дифузні джерела - сток з великих міст, насамперед Одеси, Миколаєва, Херсона та сільськогосподарських угідь.
6. Прогнозовані кліматичні зміни мають призвести до збільшення частоти, тривалості й інтенсивності спалахів «цвітіння» як поверхневих, так і морських вод. Окреслено набір пов'язаних із кліматичними змінами факторів, що впливають на розвиток процесів «цвітіння». У низці досліджень створено математичні моделі, що дозволяють краще зрозуміти механізми впливу кліматичних чинників на розвиток процесів «цвітіння» вод та досліджені реакції основних збудників «цвітіння» вод на підвищені температури середовища.
7. Зміни клімату є однією з головних причин зниження вмісту кисню у воді водних об'єктів. Спостерігаються процеси зниження концентрації кисню та розвиток придонної гіпоксії у Чорному морі, річках та водосховищах України. В. І. Осадчим та Н. М. Осадчей встановлена емпірична лінійна кореляційна залежність вмісту кисню від температури води для ряду річок України.
8. Аналіз доступної літератури показує, що Україна дуже вразлива до таких явищ, як дощові паводки, повені та прибережні затоплення, включаючи затоплення сільськогосподарських і міських територій, селі та грязьові потоки, а також зсуви ґрунту. При цьому за останні десятиліття Україна зазнала кількох руйнівних дощових паводків (у 1998, 2001 та 2008 роках).
9. За сучасних умов зі змінами клімату відбувається підвищення рівня води в Чорному та Азовському морях. Є ризики, затоплення внаслідок підняття рівня моря прибережних територій Південних областей України. Площа затоплених земель за проведеними розрахунками може скласти на 2100 рік майже 1,5 млн га (понад 800 тис. га без водойм), а з урахуванням нагонів моря – до 1,8 млн га (близько 1,1 млн га без водойм). Найбільшого впливу визнають Північна частина півострову Крим та Херсонська область (район між Дніпровським Лиманом і Гендрівською затокою, долина гирлової частини Дніпра) та Одеська область (дельта Дунаю). Крім підвищення рівня моря велике вплив на прибережні території надають згинно-нагонові явища. Ці коливання рівня води можуть сягати значних розмірів, сприяючи тим самим затопленню прибережних територій, прояву абразії, а також руйнуванню різноманітних антропогенних об'єктів.

10. Крім впливу на прибережні території примор'я зміни клімату позначаються на прибережних територіях поверхневих водних об'єктів – річок, водосховищ, озер та ін. Зміни у кількості опадів можуть призвести до сценаріїв з високим ризиком затоплень по всій країні, завдати значної шкоди та загрожувати життю людей. Зокрема підвищується ризик як осінніх, так і весняних паводків і підтоплень внаслідок збільшення кількості та зміни структури опадів. Це призводить до підвищення рівнів води у річках, озерах, водосховищах, внаслідок чого відбувається затоплення і підтоплення земель та замулення і засмічення земельних угідь у долинах річок.

ВИСТУПИЛИ:

Цапко Н. С. – запитала, чи впливають зміни клімату на величину згінно-нагінних явищ?

Шевченко Л. П. – поцікавилася про коливання в останні роки рівня води водних об'єктів Харківської області.

Маркіна Н. Д. – запитала, чи впливає стік морської води на знижені ділянки рельєфу на якість підземних вод у них?

Палагута О. А. – поцікавилася, як зміна клімату може позначитися на якості поверхневих вод?

Доповідач відповів на питання у повному обсязі.

Гриценко А. В. – відмітив, що робота відповідає технічному завданню. Запропонував схвалити остаточний звіт науково-дослідної роботи № 17 «Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату», рекомендувати представити роботу для розгляду до Міндовкілля України та приступити до відкритого голосування.

При відкритому голосуванні було подано 23 голосів:
«ЗА» – 23; «ПРОТИ» – немає; «УТРИМАЛИСЬ» – немає.

УХВАЛИЛИ:

Заслухавши інформацію Василенка Олександра Георгійовича про розгляд науково-дослідної роботи № 17 «Здійснення оцінки ризиків та вразливості прибережних територій до зміни клімату» (остаточний звіт) згідно з Тематичним планом прикладних наукових досліджень за бюджетною програмою КПКВК 2701040 «Наукова та науково-технічна діяльність у сфері захисту довкілля та природних ресурсів» УКРНДІЕП на 2022-2024 роки, Вчена рада прийняла рішення звіт ухвалити та рекомендувати представити його для розгляду до Міндовкілля України.

Голова Вченої ради

Вчений секретар



А. В. Гриценко

Н. В. Савченко