



ВОДА БЛИЗЬКО

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ МОРЯ В УКРАЇНІ
ВНАСЛІДОК ЗМІНИ КЛІМАТУ
(повний звіт за результатами дослідження)

Олександр Голубцов, Антон Біатов,
Олег Селіверстов, Соф'я Садогурська





МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета даного рамкового дослідження — продемонструвати можливі наслідки для України від підняття рівня моря внаслідок зміни клімату, актуалізувати питання необхідності подальшого вивчення процесів, що відбуваються, та стимулювати уряд і міста протидіяти зміні клімату та водночас адаптуватися до нових реалій сьогодення. Контрольний рік для моделювання зони затоплення — 2100 рік. Моделювання здійснене на основі максимальних науково обґрунтованих прогностичних показників підняття рівня моря, із врахуванням вертикальних рухів земної кори та згінно-нагінних явищ, змодельовано дві зони затоплення. Згідно проведених розрахунків може бути затоплено близько 650 тис. га суходолу, а враховуючи нагони — до 1 млн. га.

УДК 551:583

ВОДА БЛИЗЬКО
ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ МОРЯ В УКРАЇНІ
ВНАСЛІДОК ЗМІНИ КЛІМАТУ
(повний звіт за результатами дослідження)

Мета даного рамкового дослідження - продемонструвати можливі наслідки для України від підняття рівня моря внаслідок зміни клімату, актуалізувати питання необхідності подальшого вивчення процесів, що відбуваються, та стимулювати уряд і міста протидіяти зміні клімату та водночас адаптуватися до нових реалій сьогодення. Контрольний рік для моделювання зони затоплення – 2100 рік (сценарій IPCC - RCP 8.5). Моделювання здійснене на основі максимальних науково обґрунтованих прогнозних показників підняття рівня моря, із врахуванням вертикальних рухів земної кори та згінно-нагінних явищ, змодельовано дві зони затоплення. Згідно проведених розрахунків може бути затоплено близько 650 тис. га суходолу, а враховуючи нагони - до 1 млн. га.

Автори публікації:

Олександр Голубцов, к.г.н., с.н.с. Інституту географії НАНУ, golubtsovoleksandr@gmail.com

Антон Біатов, аналітик, Society for Conservation GIS, anton.biatov@gmail.com

Олег Селіверстов, аналітик, Society for Conservation GIS, oleg.seliverstov@gmail.com

Соф'я Садогурська, координаторка кампанії з питань зміни клімату, Центр екологічних ініціатив "Екодія", sofia@ecoact.org.ua

За редакцією: Анни Акерманн, Соф'ї Садогурської, Ірини Ставчук

Коректор: Ганна Заворотна

Рецензенти: Катерина Терлецька, к.ф.-м.н., с.н.с. Інституту проблем математичних машин та систем НАНУ (м. Київ) та Олег Дяков, к.г.н, менеджер проектів Центру регіональних досліджень (м. Одеса).

Інфографіки: Станіслав Кулинич

Висловлюємо подяку за волонтерську допомогу в обробці геоданих: Віталію Гапонцеву, Олександрю Лейберюку, Дар'ї Лазаревій, Олександрю Баришнікову, Олександрю Зайзбургу, Анні Кушнір, Дмитру Проданюку, Юлії Філіповій, Андрію Тупікову, Дмитру Дядіну, Антону Біатову, Андрію Головіну, Олександрю Клешніну, а також іншим учасникам спільноти OpenStreetMap Ukraine, які створюють і підтримують відкриті просторові дані.

This document has been produced with the financial contribution by the Swedish International Development Co-operation Agency (SIDA) through the Swedish Society for Nature Conservation, (SSNC). The views herein shall not necessarily be taken to reflect the official opinion of SSNC or its donors

Цей документ був підготовлений за фінансової підтримки Шведського агентства міжнародного розвитку (SIDA) через Шведське товариство охорони природи (SSNC). Погляди, наведені у даному документі, не обов'язково мають трактуватись як офіційна думка SSNC або його донорів. Проект підтримується ДРА та «Хліб для світу»

Вода близько. Підвищення рівня моря в Україні внаслідок зміни клімату (повний звіт за результатами дослідження) / Голубцов О.Г., Біатов А.П., Селіверстов О.Ю., Садогурська С.С.; за зам доступу:

<http://ecoaction.org.ua/voda-blyzko-report.html>

© Центр екологічних ініціатив "Екодія", CC BY-NC-SA 4.0 - Цей документ дозволяється копіювати з некомерційною ціллю без спеціального дозволу Центру екологічних ініціатив "Екодія", однак посилання на джерело інформації є обов'язковим.

ЗМІСТ

[ЗМІСТ](#)

[РЕЗЮМЕ ДОСЛІДЖЕННЯ](#)

[ВСТУП](#)

[ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ТЕРМІНИ](#)

[1. ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ПІДНЯТТЯ РІВНЯ МОРЯ: ГЛОБАЛЬНИЙ ВИМІР І НАСЛІДКИ ДЛЯ УКРАЇНИ](#)

[2. МЕТОДОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ Й ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ](#)

[2.1. Методичні підходи до моделювання зон затоплення й аналізу даних](#)

[2.2. Вихідні дані](#)

[3. ЗОНА ЗАТОПЛЕННЯ В УКРАЇНІ](#)

[3.1. Особливості Чорного й Азовського морів. Динаміка рівня моря у ХХ сторіччі](#)

[3.2. Передумови та показники для моделювання зон затоплення в Україні через підняття рівня моря](#)

[3.3. Зони затоплення в Україні](#)

[4. РИЗИКИ ТА НАСЛІДКИ ДЛЯ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ](#)

[4.1. НАСЕЛЕННЯ ТА ПОСЕЛЕННЯ](#)

[4.2. ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ](#)

[4.3. ІНФРАСТРУКТУРА](#)

[4.4. ГОСПОДАРСТВО](#)

[4.5. ТУРИЗМ І ВІДПОЧИНОК](#)

[4.6. ПРИРОДА, ЛАНДШАФТ І ЕКОЛОГІЯ](#)

[5. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ](#)

[5.1 ВИСНОВКИ](#)

[5.2 РЕКОМЕНДАЦІЇ](#)

РЕЗЮМЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Зміна клімату відбувається й її наслідки в Україні відчутні вже сьогодні. Питання підняття рівня Чорного й Азовського морів у зв'язку із глобальним потеплінням і вплив цих процесів на прибережні території залишається мало розкритим (детальніше - у Розділі 1).

Мета даного рамкового дослідження - продемонструвати можливі наслідки від підняття рівня моря, актуалізувати питання необхідності подальшого вивчення процесів, що відбуваються, та стимулювати уряд і міста протидіяти зміні клімату та водночас адаптуватися до нових реалій сьогодення.

Моделювання зон затоплення здійснене на основі аналізу відкритої цифрової моделі рельєфу (ЦМР) Shuttle Radar Topography Mission Digital Elevation Model (SRTM DEM). Основний методичний підхід, застосований для аналізу та визначення ризиків і можливих втрат від затоплення території, - оверлей (накладання) змодельованої зони затоплення на тематичні набори геоданих. Вихідні базові та тематичні геопросторові дані було взято з OpenStreetMap та інших відкритих ресурсів. Розрахунок втрат і збитків здійснений для максимальної можливої зони затоплення, яка може утворитися внаслідок підняття рівня моря (детальніше - у Розділі 2).

Формування зони затоплення від підняття рівня Чорного й Азовського морів буде спричинятися трьома основними чинниками (детальніше - у Розділі 3.1):

- глобальним підняттям рівня моря внаслідок потепління;
- вертикальними рухами земної кори;
- сезонними нагінними явищами та штормами.

Перший чинник, за умови підвищених обсягів викидів парникових газів в світі, може призвести до формування усталеного рівня води до кінця цього сторіччя на рівні, вищому від того, що є зараз, на **0,82 метри**. А за рахунок нагінних явищ і штормів рівень води на узбережжі Чорного моря може підніматися ще на **0,91 метри** (детальніше - у Розділі 3.2). Вказані значення підняття рівня моря змінюватимуться в більший чи менший бік залежно від напрямку вертикальних рухів земної кори.

За нашими розрахунками може бути затоплено близько **650 тис. га суходолу**, а враховуючи нагони - **до 1 млн. га** (детальніше - у Розділі 4).

Можливі наслідки від підняття рівня Чорного й Азовського морів:

- 6 міст і селищ міського типу будуть затоплені повністю - Вилкове, Гола Пристань, Щолкіне, Седове, Затока, Лазурне. Також 62 села будуть затоплені повністю;
- 34 міста потрапляють до зони затоплення (їх територія буде частково затоплена), у тому числі, - Одеса, Херсон, Миколаїв, Маріуполь, Бердянськ, Мелітополь, Керч.
- 75 тис. людей мають бути переселені, з них 47 % - сільського і 53 % - міського населення
- Повністю або частково підняття рівня моря впливатиме на 98 об'єктів природно-заповідного фонду, у тому числі, частину території Чорноморського та Дунайського біосферних заповідників, та 31 об'єкт Смарагдової мережі

У зоні затоплення можуть опинитися:

- 40 тис. житлових будинків, а також 52 школи, 4 дитячих садочки, 11 університетів, 13 лікарень, 1 автовокзал і 6 залізничних вокзалів
- 5,5 тис. км доріг із твердим покриттям, у тому числі, 217 км - міжнародного та 105 км - національного значення
- 200 тис. га сільськогосподарських земель і 43 тис. га лісів (ці показники можуть бути значно більшими за умови повної ідентифікації використання земель у зоні затоплення)
- 1900 виробничих будівель і майже 10 тис. га території виробничого та комерційного призначення
- 662 екологічно небезпечні об'єкти, у тому числі, 13 сміттєзвалищ і 36 очисних споруди.

- Частково у зону затоплення потрапить територія меткомбінату “Азовсталь” - ТОП100 забруднювачів довкілля в Україні, а також відстійники підприємства Кримський титан
- Суттєвого впливу зазнають 7 морських та 4 річкових порта

Паризька угода, говорить про два взаємодоповнюючих напрямки боротьби із глобальним потеплінням: послаблення зміни клімату (англ. *mitigation*) і адаптацію до кліматичних змін (англ. *adaptation*). Враховуючи це, для підготовки господарства до підвищення рівня моря можна дати наступні рекомендації (детальніше - у Розділі 5):

Серед політик, які повинні бути визначені Україною у рамках напряму послаблення зміни клімату (скорочення викидів парникових газів), необхідно виділити наступні:

- Поставити амбітну ціль зі скорочення викидів парникових газів, зокрема, переглянути поточний Національно-визначений внесок (НВВ) до Паризької угоди якнайшвидше.
- Прийняти на національному рівні політику переходу енергетичного сектору на 100 % відновлюваних джерел енергії до 2050 р.
- Відмовитися від субсидування викопних палив якомога скоріше.
- Запровадити ринкові механізми скорочення викидів парникових газів та підняти розмір ставки вуглецевого податку.
- На локальному рівні - розробка та реалізація місцевих планів зі скорочення викидів парникових газів.

Вищеперераховані заходи дозволять знизити викиди парникових газів, однак питання адаптації до зміни клімату є не менш актуальним. Наші рекомендації спрямовані, перш за все, на підняття питання та підготовку до планування робіт із дослідження й адаптації як на державному, так і на регіональному рівнях.

- Розробити національну Стратегію адаптації до зміни клімату прибережних зон та Морську стратегію, де врахувати прогнози підняття рівня моря для України та можливі наслідки.
- Виконати дослідження та прогнозування змін рівня моря та їх вплив на морське узбережжя. Надати результати у вільний доступ.
- Створити детальну цифрову модель рельєфу (ЦМР) для районів, що потрапляють у зону потенційного затоплення із точністю на рівні перших сантиметрів. Надати вільний доступ до даних.
- Забезпечити збір і публікацію достовірних даних із гідрологічних постів і буїв про фактичний рівень морів.
- Ввести мораторій на будівництво будь-яких об'єктів у зонах можливого затоплення.
- Запустити програму дослідження та прогнозування рівня морів, координувати дослідження із програмами досліджень інших країн
- Інформувати місцеве населення, органи влади, адміністрації, бізнес, ЗМІ щодо можливих ризиків.
- Додати розгляд питань, пов'язаних із ризиками, до освітніх програм.

Дана публікація представляє собою повний звіт за результатами проекту. **Із короткою версією дослідження**, можна ознайомитися за посиланням:

<http://ecoaction.org.ua/voda-blyzko-report.html>

Інтерактивна карта доступна за посиланням: <http://ecoaction.org.ua/projects/sealevel/index.html>

ВСТУП

Останні десятиріччя стає очевидним - зміна клімату є головною глобальною проблемою, що загрожує існуванню як людства, так і загалом біорізноманіття на Землі¹.

Результати досліджень, опубліковані Міжурядовою групою експертів із зміни клімату ООН (The Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) свідчать - із часу початку промислової революції глобальна температура планети зросла майже на 1 °C². Навіть таке, здавалося б, незначне потепління вже призводить до серйозних проблем - зменшується площа льодовиків, підвищується рівень моря, частішали сильні шторми, торнадо, рясні повені та посухи. Ці зміни торкаються не тільки природи, а і значною мірою впливають на життя, здоров'я та добробут людей у всьому світі.

Основною причиною глобального потепління є зростання концентрації парникових газів, що утворюються внаслідок людської діяльності: промисловості, транспорту, сільського господарства, спалення викопного палива, а також лісових пожеж. Вони утримують сонячне тепло у нижніх шарах атмосфери, не даючи йому повертатися до космосу, створюючи таким чином парниковий ефект. Концентрації парникових газів (вуглекислого газу, метану та закису азоту) в атмосфері досягли рівнів, які є безпрецедентними щонайменше за останні 800 000 років і продовжують зростати³. Більш того, зростають і самі темпи потепління - за останні 50 років вони пришвидшилися вдвічі⁴.

Для обмеження глобального потепління 2015 року була підписана Паризька угода, що ставить за мету утримання зростання температури до кінця XXI сторіччя у рамках +1,5-2 °C⁵. Участь кожної окремої країни у досягненні світової мети визначається нею індивідуально, є добровільною та має назву «національно визначений внесок» (англ. nationally determined contribution – NDC, або укр. НВВ). Угода вимагає, щоб така участь була «амбітною» та встановленою «з метою досягнення цілі Угоди».

Водночас останні дослідження показують, що чинні цілі зі скорочення викидів, які країни подали до Паризької угоди, не сприяють зменшенню викидів парникових газів настільки, щоб втримати потепління у рамках 2 °C. Навпаки – збереження нинішніх темпів підвищення концентрації парникових газів може призвести до зростання середньої температури планети на 2,6–4,0 °C⁶.

Україна також робить свій вагомий внесок у глобальне потепління та поки що не декларує наміри знижувати свої викиди парникових газів протягом найближчого десятиріччя. У минулому році групою незалежних експертів з організації Climate Action Tracker Національно визначений внесок України був визнаний критично незадовільним і дуже неамбітним⁷. Наразі НВВ⁸ України передбачає можливість зростання викидів на 68 % від рівня 2016 року у 2030-му. Це пояснюється тим, що сьогодні у порівнянні із “базовим” 1990 роком Україна має один із найбільш низьких рівнів викидів парникових газів за всі часи незалежності. Водночас навіть у найбільш оптимістичному сценарії Стратегії низьковуглецевого розвитку⁹ України передбачається вирівнювання викидів у 2050 році близько рівня 2015 року. Отже, і тут не йдеться про масштабну декарбонізацію економіки.

¹ UN Sustainable development goals. Goal 13. Climate Change: Take urgent action to combat climate change and its impacts <https://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change-2/>

² IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

³ Blunden, J., D. S. Arndt, and G. Hartfield, Eds., 2018: State of the Climate in 2017. Bull. Amer. Meteor. Soc., 99 (8), Si-S332, doi:10.1175/2018BAMSStateoftheClimate.1.

⁴ NASA Earth Observatory. Global Warming. <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/GlobalWarming>

⁵ United Nations (2016). Paris Agreement. Paris: United Nations, pp.1-27.

https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english.pdf

⁶ Climate Action Tracker. Temperatures. Addressing global warming <https://climateactiontracker.org/global/temperatures/>

⁷ Climate Action Tracker. Ukraine. Country summary <https://climateactiontracker.org/countries/ukraine/>

⁸ Intended Nationally-Determined Contribution (INDC) of Ukraine to a New Global Climate Agreement <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Ukraine%20First/Ukraine%20First%20NDC.pdf>

⁹ Ukraine 2050 Low Emission Development Strategy

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Ukraine_LEDS_en.pdf

Враховуючи тенденцію зростання викидів парникових газів, наразі світ перебуває на траєкторії, що відповідає підвищенню температури на близько +4°C до 2100 року¹⁰. Важливо, щоб усі країни, у тому числі, Україна, ставили амбітні цілі зі скорочення викидів парникових газів, адже глобальне потепління вже спричиняє катастрофічні наслідки. Нездатність виконати обмеження на потепління у 2 °C призведе, зокрема, до значного підвищення рівня моря та важких економічних наслідків. Якщо країни не будуть вживати термінових дій для скорочення викидів парникових газів, прогнозоване підняття рівня моря може сягнути майже 1 метра¹¹.

Підняття рівня Світового океану, першою чергою, несе загрозу прибережним територіям багатьох країн світу. За останні 100 років через потепління та танення льодовиків рівень Світового океану вже зріс приблизно на 20 сантиметрів і темпи зростання лише прискорюються¹².

Україна має одну з найдовших берегових ліній в Європі, тож, негативні наслідки зростання рівня моря так само будуть відображатись і на нашому узбережжі.

Крім необхідності скорочення викидів парникових газів, вже зараз виникає потреба адаптуватися до кліматичних змін і підняття рівня моря. Однак для України майже відсутні зрозумілі та візуалізовані дані про зростання рівнів Чорного та Азовського морів, які б мали якісне наукове підґрунтя. Наукові статті важкі для сприйняття широкою громадськістю та зацікавленими сторонами, а доступ до них ускладнений. У зв'язку з цим постає питання підготовки візуалізованих і доступних досліджень підняття рівня моря для формування чіткого бачення впливу цієї проблеми на берегові зони України та подальшої розробки адаптаційних планів для цих зон.

Враховуючи все вищесказане, у цьому дослідженні ми ставимо наступну **мету**: окреслити рамкові цілі для подальшого прогнозного оцінювання наслідків затоплення території України, зумовленого підняттям рівня моря через глобальне потепління.

У центрі уваги – територія України, зокрема, прибережні райони південних областей нашої держави. Аналіз складається із двох етапів: 1) моделювання зони ймовірного затоплення й 2) оцінювання ризиків для діяльності людини у зоні затоплення.

Основні завдання:

- Змоделювати ймовірну зону затоплення українського узбережжя Чорного й Азовського морів станом на 2100 рік на основі доступних і відкритих джерел і даних.
- Визначити сфери діяльності людини, які потрапляють до зони ризику внаслідок затоплення території.
- Попередньо окреслити ризики та збитки для економіки, соціальної сфери та природоохоронної діяльності на основі доступних і відкритих джерел і даних.
- Візуалізувати можливі наслідки затоплення територій України через підняття рівня моря, за допомогою відкритих мап.
- Надати рекомендації національній та місцевій владі щодо головних кроків для запобігання можливого затоплення і протидії зміні клімату

¹⁰ Le Quééré et al. Global Carbon Budget 2016, Earth Syst. Sci. Data, 8, 605-649, <https://doi.org/10.5194/essd-8-605-2016>, 2016.

¹¹ Church et al. 2013: Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

¹² Church et al. 2013: Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ТЕРМІНИ

Впливи (Impacts) – ефекти, що чиняться на природні та антропогенні системи. У контексті змін клімату використовується, першою чергою, для позначення ефектів, що чиняться на природні й антропогенні системи екстремальними метеорологічними та кліматичними явищами і зміною клімату. Впливи як правило означають ефекти, що впливають на життя, засоби до існування, стан здоров'я, екосистеми, економічні, соціальні та культурні активи, послуги й інфраструктуру внаслідок зміни клімату або небезпечних кліматичних явищ, що відбуваються на певному відтинку часу.

Глобальне потепління (Global warming) – означає поступове підвищення (дані спостережень або проєкції) глобальної приземної температури як один із наслідків антропогенних викидів парникових газів.

Згінно-нагінні колювання рівня моря (wind tides) – зміни рівня морів і океанів під впливом вітру й атмосферного тиску.

Штормовий нагін (Storm surge) – тимчасове підвищення в конкретному місці рівня моря у результаті екстремальних метеорологічних умов (низький атмосферний тиск і/або сильні вітри). Штормовий нагін визначається як перевищення того рівня, який очікується у даний час і у даному місці тільки через приливні зміни та несе небезпеку береговим спорудам і населенню.

Землекористування¹³ (Land use) - система господарського та іншого використання землі, що склалась у країні під дією об'єктивних чинників або запроваджена державою.

Зміна клімату (Climate change) – у документах IPCC¹⁴ означає будь-які кліматичні зміни у часі як наслідок природних змін або як результат людської діяльності. Це визначення відрізняється від подібного визначення у Рамковій конвенції щодо змін клімату¹⁵, де кліматичні зміни стосуються змін клімату, які прямо чи опосередковано стосуються людської діяльності, що порушує склад земної атмосфери додатково до природних змін клімату, котрі спостерігаються протягом порівняльних періодів часу.

Клімат (Climate) - у вузькому сенсі цього слова зазвичай визначається як усереднений режим погоди або у більш чіткому сенсі як статистичний опис середньої величини та мінливості кількісних параметрів (приземні змінні такі як температура, опади та вітер) протягом періоду часу, який може варіювати від декількох місяців до тисяч або мільйонів років. Згідно з визначенням Всесвітньої Метеорологічної Організації класичним періодом для усереднення цих змінних є період у 30 років. У більш широкому сенсі клімат є станом *кліматичної системи*, включаючи її статистичний опис.

Кліматична система (Climate system) - є досить складною системою, що складається із п'яти основних компонентів: атмосфери, гідросфери, кріосфери, літосфери та біосфери, і взаємодій між ними. Кліматична система еволюціонує у часі під впливом своєї власної внутрішньої динаміки й у силу зовнішніх впливів, таких як виверження вулканів, колювання сонячної радіації й антропогенний вплив, що призводить до зміни складу атмосфери та змін у землекористуванні.

¹³ Економічна енциклопедія: У трьох томах. Т. 1. / Редкол.: ...С. В. Мочерний (відп. ред.) та ін. – К.: Видавничий центр “Академія”, 2000. – 864 с.

¹⁴ IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

¹⁵ Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату - Офіційний вісник України офіційне видання від 09.11.2012 — 2012 р., № 83, стор. 198, стаття 3381, код акту 64015/2012

Ризик (Risk)¹⁶ – можливість наслідків, при яких певна цінність є під загрозою та за яких кінцевий результат є невизначеним; при цьому визнається різноманітність цінностей. Ризик часто виражається у вигляді ймовірності або правдоподібності настання небезпечних явищ або трендів, помножених на впливи, якщо ці явища або тренди відбуваються. Термін “ризик” часто використовується для позначення можливості, якщо кінцевий результат є невизначеним, несприятливих наслідків для життя, засобів до існування, здоров'я, екосистем і видів, економічних, соціальних і культурних активів, послуг (включаючи екологічні) й інфраструктури.

Рівень моря – (sea level) – висота поверхні моря, вільної від впливу вітрових хвиль і брижах, яка вимірюється щодо умовної поверхні землі.

Хід рівня моря (variation of sea level) - Зміни рівня моря за певний інтервал часу

Евстатичні коливання рівня моря (eustatic variations of sea level) – повільні (вікові) коливання рівня морів і океанів, які викликаються зміною загального обсягу води у них, а також зміною ємності морів і океанів.

¹⁶ IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. - S. 127

1. ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ПІДНЯТТЯ РІВНЯ МОРЯ: ГЛОБАЛЬНИЙ ВИМІР І НАСЛІДКИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Успіхи у технологічному розвитку призвели до зростання якості життя значної частини людства. Платою за це є безпрецедентний тиск на довкілля – надмірна експлуатація природних ресурсів і трансформація природних екосистем, продукування та накопичення побутових і промислових відходів, забруднення компонентів природи викидами та скидами індустрії і транспорту. У природі «все пов'язано з усім¹⁷», тому жоден із впливів не минає безслідно, призводячи часто до неочікуваних і руйнівних наслідків, у тому числі, для самої людини. Так, значні антропогенні викиди парникових газів є головною причиною глобального потепління, що спостерігається з середини ХХ сторіччя. Загальне зростання температури суші й океану своєю чергою зумовлює танення льодовиків і зменшення снігового покриву, що призводять до створення ще однієї глобальної проблеми – підвищення рівня моря. Це ставить під загрозу узбережні зони континентів, які значною мірою густонаселені.

Клімат Землі постійно змінювався. Це залежало від різноманітних геологічних і астрономічних явищ, наприклад, вулканічної активності та коливання орбіти Землі. За рахунок активної діяльності людини характер та інтенсивність цих змін (на відміну від багатомільйонної історії Землі) носить небезпечний вплив, ставлячи під загрозу саме існування людства на Землі. Згідно висновків Доповіді Міжурядової групи експертів зі зміни клімату¹⁸ надмірні рівні атмосферних концентрацій діоксиду вуглецю, метану та закису азоту внаслідок антропогенних викидів парникових газів є головною причиною потепління, що спостерігається з середини ХХ сторіччя.

Потепління кліматичної системи є незаперечним фактом¹⁹. З 1950-х років спостерігаються зміни, які є безпрецедентними у масштабах від десятиліть до тисячоліть:

- **потепління** – усереднені сукупні глобальні дані про температуру поверхні суші й океану, розраховані на основі лінійного тренду, свідчать про потепління на 0,85 (від 0,65 до 1,06) °C за період з 1880 до 2012 р²⁰. В 2017 році глобальні середні температури були на 1,1 ° C вище доіндустріального рівня²¹.
- **зміни кріосфери** – за останні два десятиріччя Гренландський і Антарктичний льодовикові щити втрачали масу; льодовики продовжували танути практично у всьому світі; площа снігового покриву в весняний період у Північній півкулі продовжувала зменшуватися;
- загальне зростання температури суші й океану, танення льодовиків і зменшення снігового покриву, зумовлені змінами клімату, призвели до ще однієї глобальної проблеми – **підвищення рівня Світового океану**.

Рівень Світового океану залишався майже незмінним упродовж тривалого часу, протягом останніх 3000 років його незначні коливання не перевищували 0,2 мм на рік²².

Основне джерело сучасної інформації про тренди зміни рівня – база даних, створена Постійною службою спостережень за середнім рівнем моря (PSMSL), що знаходиться у Великобританії. Порівняння даних PSMSL за минулі 100 років зі змінами за останні два тисячоріччя показує порівняно нещодавнє збільшення швидкості підвищення рівня Світового океану. Якщо у ХІХ сторіччі швидкість змін рівня моря становила 0,4 мм/рік (розрахунок для Північно-західної частини Європи – Амстердам, Брест,

¹⁷ Один із законів екології - Commoner, *The Closing Circle*, pp. 29-42; Edberg and Yablokov, *Tomorrow Will Be Too Late*, p. 89; Haila and Levins, *Humanity and Nature*, pp. 5-6.

¹⁸ IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.*

¹⁹ IPCC, 2014

²⁰ IPCC, 2014

²¹ NOAA National Centers for Environmental Information, *State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2017*, published online January 2018, retrieved on October 6, 2018 from <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201713>

²² Spencer N.E., Woodworth P.L. *Data holdings of the Permanent Service for Mean Sea Level (November 1993).*- Bidston, Birkenhead: Permanent Service for Mean Sea Level - 1993.- 81 p.

Ширнесс, Стокгольм)²³, то темпи підвищення глобального середнього рівня моря впродовж XX сторіччя знаходились у діапазоні від 1,0 до 2,0 мм/рік із тенденцією до зростання²⁴. Дані мареографів і супутникових альтиметрів підтверджують більш високі темпи²⁵:

- 1,7 (від 1,5 до 1,9) мм/ рік у 1901-2010 рр. (розрахунок за даними мареографів)
- 3,2 (від 2,8 до 3,6) мм/ рік у 1993-2010 рр. (розрахунок на основі супутникових вимірювань)

Міжурядова група експертів зі зміни клімату встановила, що у період 1901-2010 рр. середній глобальний рівень моря підвищився на 0,19 (0,17 - 0,21) метри. Підвищення середнього глобального рівня моря впродовж 1993-2010 рр. узгоджується з сукупним впливом теплового розширення океану за рахунок потепління та змін льодовикового покриву (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Зареєстрована швидкість підняття рівня Світового океану та визначений вплив різних джерел²⁶

Фактори підняття рівня води	Підняття рівня Світового океану (мм/рік)	
	1961-2003*	1993-2003*
Термічне розширення	0,42±0,12	1,6±0,5
Льодові шапки	0,50±0,18	0,77±0,22
Льодовий покрив Гренландії	0,05±0,12	0,21±0,07
Льодовий покрив Антарктики	0,14±0,41	0,21±0,35
Сума окремих кліматичних факторів	1,1±0,5	2,8±0,7
Загальне зареєстроване зростання рівня води	1,8±0,5	3,1±0,7
*Дані до 1993 року одержані при дослідженні припливів інструментальними методами, а після 1993 року - аналіз даних із супутникових альтиметрів		

²³ Woodworth P.L. Trends in U.K. mean sea level // Marine Geodesy. - 1997.-11.-P. 57-87.

²⁴ IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

²⁵ IPCC, 2014

²⁶ Міжурядова група експертів зі зміни клімату. Зміна клімату 2007: фізична наукова база. Внесок Першої робочої групи до Четвертої доповіді з оцінками Міжурядової групи експертів зі зміни клімату. Стислий виклад для вищих управлінців. Наукове редагування: В.М. Ліпінський. Державна гідрометеорологічна служба України. - 2007 / [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/ukrainian/report_ukrainian.pdf

Комплексний зв'язок між спостереженнями та викидами

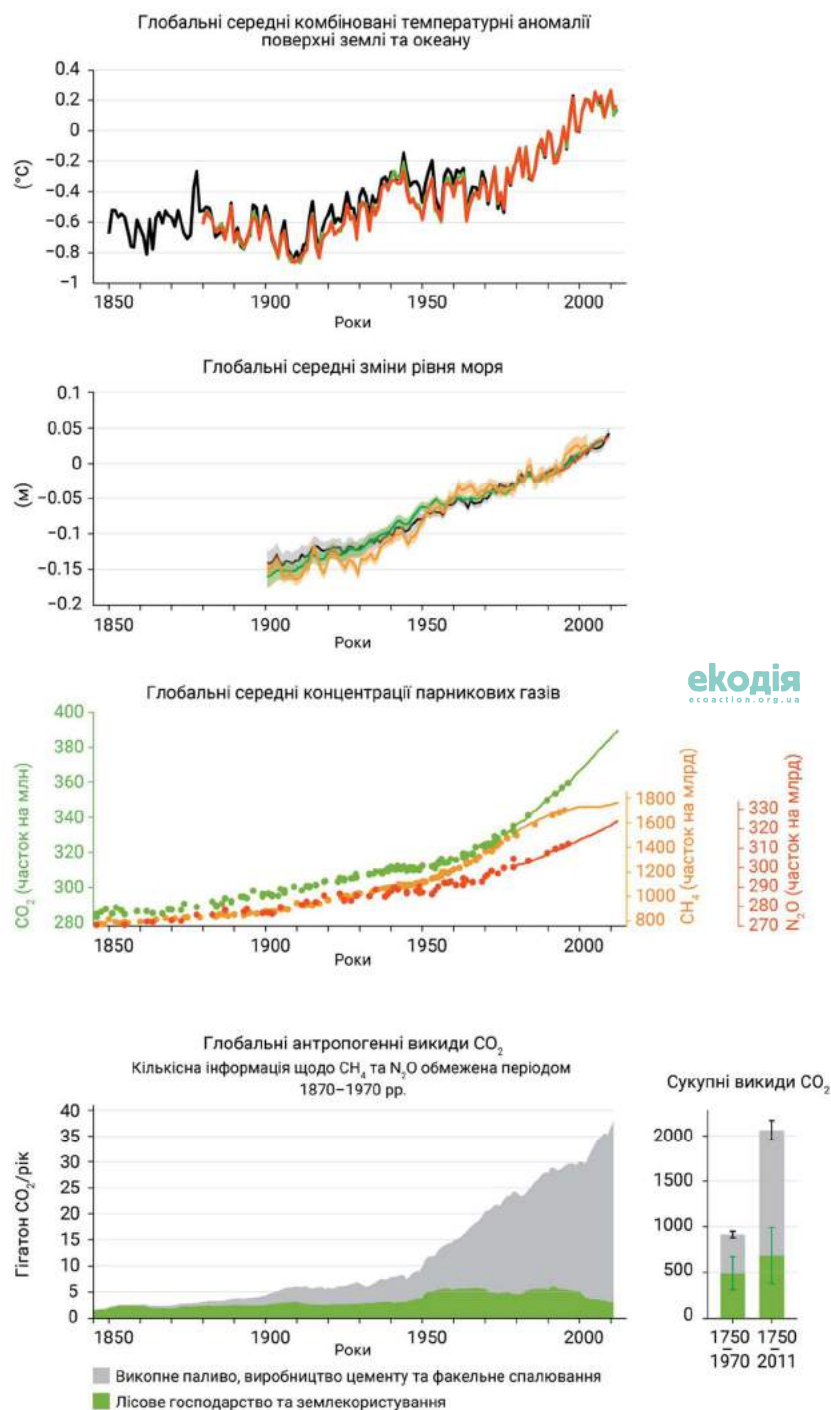


Рис 1. Комплексний зв'язок між спостереженнями та викидами²⁷

- a) Середні глобальні аномалії температури поверхні суходолу й океану
- b) Середній глобальний рівень океану
- c) Середня глобальна концентрація парникових газів
- d) Середні глобальні антропогенні викиди CO₂

²⁷ Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers, p 3 https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf

Безперервний викид парникових газів призведе до подальшого потепління та довгострокових змін у всіх компонентах кліматичної системи, підвищуючи ймовірність всеосяжних і незворотних впливів на людей і екосистеми. Однак прогнозні оцінки викидів парникових газів варіюються у широких межах залежно від чисельності населення та способу його життя, економічної діяльності, використання енергії, моделей землекористування, технологій і кліматичної політики.

Різні співвідношення факторів впливу на зміни клімату можуть бути змодельовані за допомогою сценаріїв зміни клімату – послідовних, внутрішньо узгоджених і фундаментальних описів ймовірного майбутнього стану клімату планети. Вони потрібні для оцінювання наслідків зміни клімату, щоб дати альтернативні варіанти бачення майбутніх природних умов, які вплинуть на економіку та соціальну сферу суспільства. Колектив експертів зі зміни клімату для розрахунку наслідків змін клімату залежно від викидів парникових газів розробив ряд сценаріїв – **репрезентативних траєкторій концентрацій** (РТК)²⁸. РТК описують чотири різні траєкторії викидів і концентрацій в атмосфері парникових газів (ПГ), викидів речовин-забруднювачів і особливості землекористування у XXI сторіччі (зокрема, зміни площ заліснених територій) і відповідні їм наслідки.

Залежно від прогнозних показників викидів, репрезентативні траєкторії концентрацій парникових газів є такими:

- жорсткий сценарій зменшення викидів (РТК 2.6)
- два проміжних сценарії (РТК 4.5 і РТК 6.0)
- сценарій із дуже високими рівнями викидів ПГ (РТК 8.5).

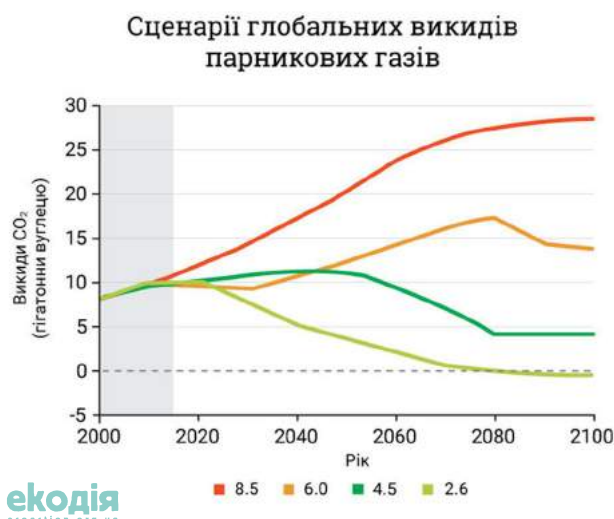


Рис. 2. Сценарії глобальних викидів парникових газів
(Sources: USGCRP/GlobalChange.gov, UHMI 2014, Wikipedia)

Сценарії РТК є основою для моделювання глобальної зміни температурного режиму та рівня моря (табл. 1.2). За будь-якого сценарію темпи зростання рівня моря перевищать значення **2,0 (1,7-2,3) мм/рік**, що спостерігалось впродовж періоду 1971-2010 років. Причому за сценарію РТК8.5 у 2081-2100 роках темпи зростання складуть **від 8 до 16 мм/рік** (середня ступінь достовірності – оцінка достовірності визначена групою експертів доповіді зі зміни клімату).

²⁸ IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Табл. 1.2. Підвищення середнього глобального рівня моря у середині-наприкінці XXI сторіччя щодо періоду 1986-2005 рр.²⁹

		2046-2065 рр.		2081-2100 рр.	
	Сценарій	Середнє	Вірогідний діапазон	Середнє	Вірогідний діапазон
Зміна середньої глобальної приземної температури (°C)	РТК2,6	1,0	0,4-1,6	1,0	0,3-1,7
	РТК4,6	1,4	0,9-2,0	1,8	1,1-2,6
	РТК6,0	1,3	0,8-1,8	2,2	1,4-3,1
	РТК8,5	2,0	1,4-2,6	3,7	2,6-4,8
	Сценарій	Середнє	Вірогідний діапазон	Середнє	Вірогідний діапазон
Підвищення середнього глобального рівня моря (м)	РТК2,6	0,24	0,17-0,32	0,40	0,2-0,55
	РТК4,6	0,26	0,19-0,33	0,47	0,32-0,63
	РТК6,0	0,26	0,18-0,32	0,48	0,3 -0,63
	РТК8,5	0,30	0,22-0,38	0,63	0,4 -0,82

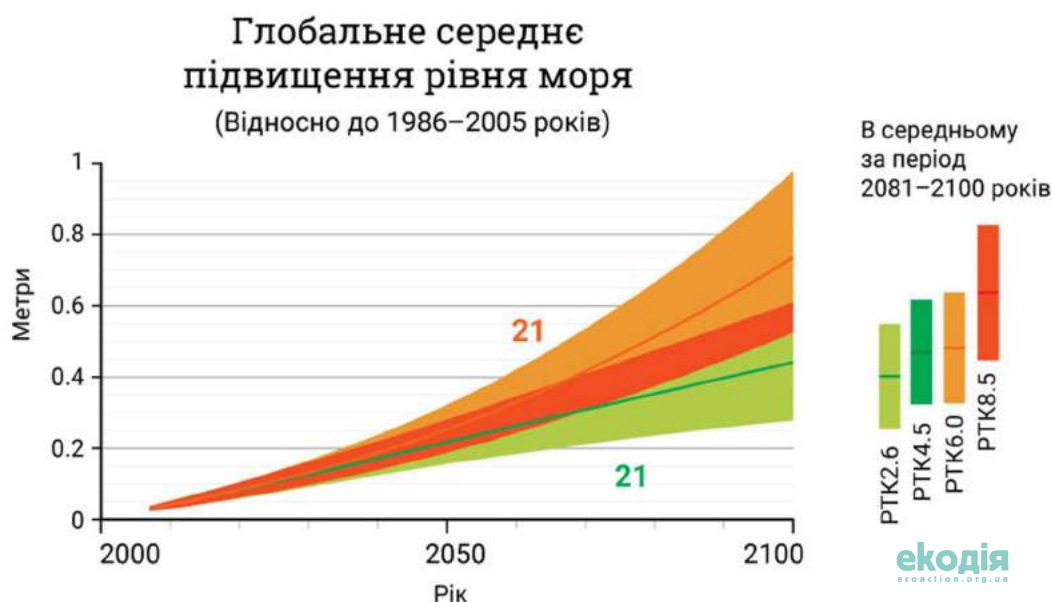


Рис. 3. Прогнози зростання рівня моря за різними сценаріями (Джерело - https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf)

Зміна клімату збільшить наявні та створить нові ризики для природних і антропогенних систем. Згідно Доповіді Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (ІПСС, 2014), прояв зумовлених кліматом впливів на навколишнє середовище є результатом взаємодії пов'язаних із кліматом катаклізмів (включаючи небезпечні явища та тренди) і чутливістю до таких впливів антропогенних і природних систем. Підвищення темпів і масштабів потепління й інші зміни кліматичної системи, що

²⁹ IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

супроводжуються закисненням і потеплінням океану, підвищують ризик суттєвих, повсюдних і, у деяких випадках - незворотних згубних впливів. Ряд ризиків, таких, наприклад, як вплив кліматичних змін на процес виробництва продовольства, носять глобальний характер. Деякі ризики мають значення для окремих районів, що пов'язано із природними умовами. Наприклад, для міст Європи та Північної Америки прогнозується збільшення збитків від повеней; в Азії можливе підвищення смертності населення через спеку.

Підвищення рівня моря є неоднорідним у різних регіонах Землі. Відмінності будуть проявлятися залежно від довгострокових рухів земної кори. Наприклад, в основна частина Південної та Центральної Європи, у тому числі, Південь України, повільно опускається (до 0,5 мм/рік), а більша частина Північної Європи (за винятком Північної Німеччини) піднімається над рівнем океану³⁰. Господарська діяльність у прибережних зонах вже зіткнулася з такими факторами як підвищена небезпека від повідей і ерозії узбережжя. Зміна клімату ще більше підвищує їх ймовірність. У прибережних зонах Європи це вплине на заселені ділянки, деякі сектори економіки, зокрема, туризм. Під загрозою перебувають природні екосистеми, наприклад, водно-болотні угіддя у Прибалтиці та Середземномор'ї.

Зміна клімату в бік потепління призведе і до підвищення рівня Чорного й Азовського морів, що вплине і на прибережні території України. Масштаби прояву цих процесів будуть залежати від інтенсивності та висоти підвищення рівня морів. В Україні є ряд досліджень проблеми підняття рівня моря, які відрізняються методичними підходами до вивчення. Переважна кількість досліджень^{31 32}, спираються на вивчення історичних трендів змін рівня моря, на цій основі науковці роблять висновки про продовження підняття рівня моря і свої прогнозні 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 підходами³³.

За різними сценаріями моделювання змін клімату зростання рівня Чорного й Азовського морів може становити від 22 до 115 см до 2100 року³⁴. Називаються також^{35, 36} такі сценарії підвищення рівня Чорного й Азовського моря до 2100 року: мале підвищення до 0,66 м і велике підвищення до 7,15 м.

Згідно із П'ятим Національним повідомленням України з питань зміни клімату³⁷, ризики та втрати від підняття рівня моря станом на 2100 рік відрізнятимуться залежно від сценаріїв підняття. Слід очікувати, що до 2100 року значно збільшиться повторюваність екстремальних значень рівня моря, пов'язаних зі штормами і нагонами. За умови незначного підняття рівня моря берегова зона зазнаватиме посиленої абразії, проте втрати земель будуть мінімальними. За песимістичного сценарію RCP8.5 необхідно буде запроваджувати активні заходи для захисту прибережних ресурсів. Посиляться процеси

³⁰ Карта современных вертикальных движений земной коры на территории Болгарии. Венгрии. ГДР. Польши. Румынии. СССР (Европейская часть). Масштаб 1:10 000 000, М.. 1986.

³¹ Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее/Под ред. В.Н. Еремеева/Ю.Н. Горячкин, В.А. Иванов; НАН Украины, Морской гидрофизический институт- Севастополь, 2006. - с. 210, ил. 65, табл. 19, библи. 287.

³² Еремеев В. Н., Андрианова О. Р., Скипа М.И. Особенности колебаний уровня внутренних морей Атлантического океана//Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. 2017. Т. 22, вип. 2

³³ 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 XXI сторіччі//Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика, 2017. - с. 44 - 45.

³⁴ Україна та глобальний парниковий ефект: вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату/Букша І.Ф., Гожик П.Ф., Ємельянова Ж.Л., Трофимова І.В., Шерешевський А.І. – Київ, Видавництво Агентства з раціонального використання енергії та екології, 1998. – 210 с.

³⁵ Доклад «Изменения климата (Украина) (ожидания, прогнозы, перспективы). Докладчик-Кирилл Середа//Проект "Адаптация Дельты Дуная к климатическим изменениям путем интегрированного управления водными и земельными ресурсами" сайт.– Режим доступу: http://awsassets.panda.org/downloads/kirill_sereda.pdf

³⁶ Рубель О.Е. Организационно-программные подходы к адаптации прибрежных территорий к негативным последствиям изменения климата/О.Е. Рубель//Трансграничное сотрудничество в адаптации бассейна Днестра к изменению климата. Сб. науч. статей. – «Международная ассоциация хранителей реки «Eco-Tiras», 2011. – 224 с.

³⁷ П'яте Національне повідомлення України з питань зміни клімату. [Електронний ресурс]//Держекоінвестагентство: сайт.– Режим доступу: www.seia.gov.ua/seia/doccatalog/document/id=632557

розмиву берегів, затоплення, підтоплення та засолення ґрунтів у Причорномор'ї і Приазов'ї; підняття рівня моря також спричинить суттєві зміни в екосистемах гирлових областей Дунаю, Дніпра та Дністра³⁸, призведе до трансформації низинних ландшафтів морського узбережжя, активізуються ерозійні процеси. Під загрозою знищення опиняться значні площі земельного фонду, затоплення та підтоплення зазнають чимало населених пунктів.

³⁸ П'яте Національне повідомлення України з питань зміни клімату. [Електронний ресурс]//Держекоінвестагентство: сайт.– Режим доступу: www.seia.gov.ua/seia/doccatalog/document/id=632557

2. МЕТОДОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ Й ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ

2.1. Методичні підходи до моделювання зон затоплення й аналізу даних

За будь-яких сценаріїв розвитку подій щодо управління викидами парникових газів у світі слід очікувати більшої чи меншої інтенсивності глобального потепління та пов'язаного з ним підняття рівня Світового океану. Україна має понад 2,5 тис. км берегової лінії. Південь нашої держави омивається Чорним і Азовськими морями, які не є ізольованими – через систему проток вони пов'язані зі Світовим океаном. Тому аналіз ризиків, пов'язаних із затопленням територій внаслідок підняття рівня моря, є актуальним для України.

На сьогоднішній день прибережна територія України, якій у силу природних умов (зокрема, заниженого рельєфу) першою чергою загрожує затоплення через підняття рівня моря, є досить освоєною й 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.



Рис. 4. Українські моря й їх зв'язок зі Світовим океаном

У цьому дослідженні ми ставимо **мету** окреслити рамкові цілі для подальшого прогнозного оцінювання наслідків затоплення території України, зумовленого підняттям рівня моря через глобальне потепління.

У центрі уваги – територія України, зокрема, прибережні райони Південних областей нашої держави. Ми прагнули визначити ризики й орієнтовні показники збитків, яких можуть зазнати населення міст і сіл, сфери економіки, соціальної сфери й охорони природи. Аналіз складається із двох етапів: моделювання зони затоплення й оцінювання ризиків для діяльності людини у зоні затоплення.

Основні завдання:

- Змоделювати ймовірну зону затоплення українського узбережжя Чорного й Азовського морів станом на 2100 рік на основі доступних і відкритих джерел і даних.
- Визначити сфери діяльності людини, які потрапляють до зони ризику внаслідок затоплення території.
- Попередньо окреслити ризики та збитки для економіки, соціальної сфери та природоохоронної діяльності на основі доступних і відкритих джерел і даних.
- Візуалізувати можливі наслідки затоплення територій України через підняття рівня моря, за допомогою відкритих мап.

- Надати рекомендації національній та місцевій владі щодо головних кроків для запобігання можливого затоплення і протидії зміні клімату

Фактори, що впливають на збільшення рівня моря

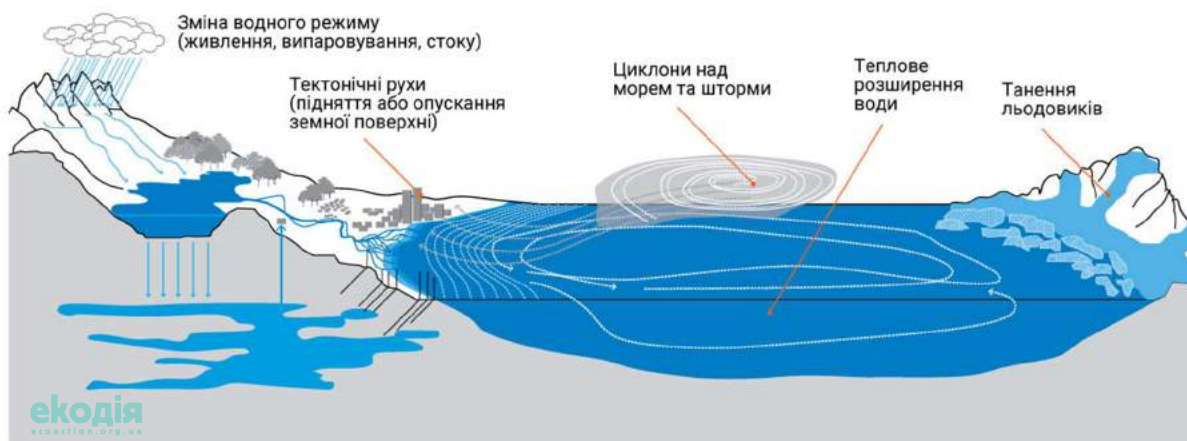


Рис. 5. Фактори, що впливають на підняття рівня моря

Робочі етапи моделювання та аналізу :

1. Моделювання зон затоплення
2. Підготовка SRTM
3. Створення Цифрової моделі рельєфу (ЦМР)
 - Вхідні дані:
 - ЦМР
 - Показники підняття рівня моря (прогнозні показники за літературними джерелами, у т.ч., врахування нагонних явищ)
 - Показники неотектонічних вертикальних рухів (опускання або піднімання поверхні)
 - Вихідні дані – зони затоплення:
 - сталого підняття рівня моря – ЗОНА 1
 - періодичного підняття рівня моря ЗОНА 2 (ЗОНА 1 +)
 - Генералізація полігонів для картографічного відображення
4. Формування наборів вихідних даних для аналізу ризиків (Основне джерело – дані OSM, інші відкриті геодані)
 - 4.1. Визначення тематичних розділів для аналізу ризиків:
 - Населення і поселення
 - Землекористування
 - Інфраструктура
 - Господарство
 - Туризм і відпочинок
 - Природа, ландшафт і екологія
 - 4.2. Створення бази геоданих із набором класів просторових об'єктів для кожної теми (відбір даних за тегами із вихідних даних OSM або інших – зміна проекції із географічної на спроектовану - генералізація об'єктів і контурів)
 - 4.3. Просторова вибірка за зонами затоплення та формування набору класів просторових об'єктів для зон затоплення
 - 4.4. Аналіз характеристик об'єктів, розробка класифікаційних схем та формулювання класифікаційних одиниць
5. Геоінформаційний аналіз даних для визначення ризиків та збитків (розрахунок площ, довжин, співвідношень тощо) про:
 - кількість населення

- населені пункти
- структуру землекористування
- вплив на промисловість та сільське господарство
- інфраструктуру
- природно-заповідний фонд

6. Укладання проекту для створення веб-карти – компоновання картографічних шарів у ГІС згідно тематичних розділів, налаштування рівнів відображення та умовних знаків

7. Укладання карт для публікації – розроблення змісту комплексної карти, узгодження умовних знаків із веб-картою.

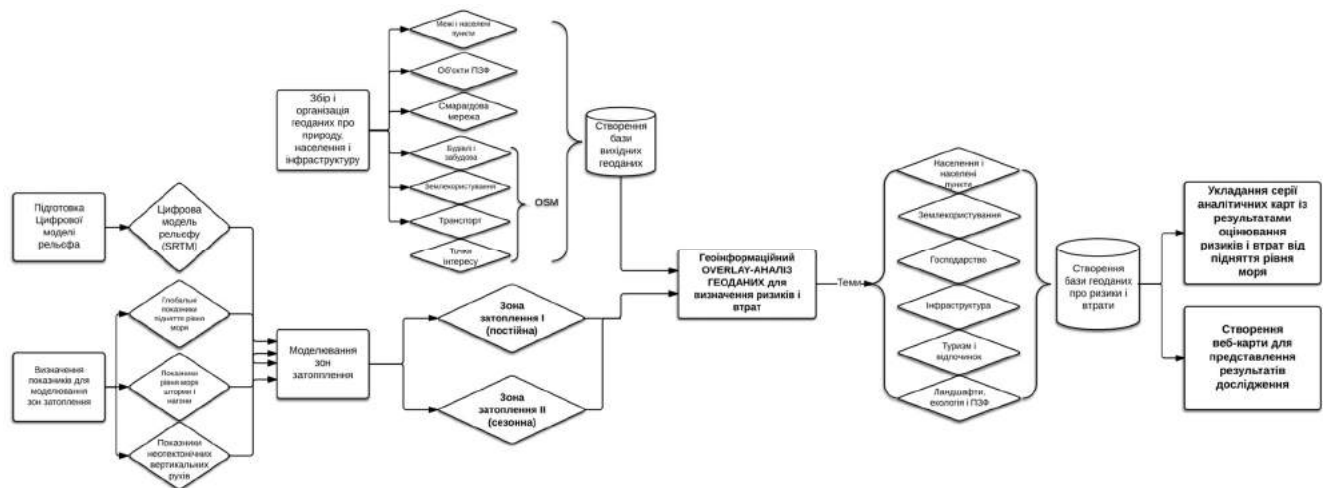


Рис. 6. Загальна схема аналізу даних для визначення зони затоплення в Україні й оцінювання ризиків

Моделювання зон затоплення здійснене на основі показників, визначених та обґрунтованих у попередніх наукових дослідженнях – як на глобальному, так і на регіональному рівнях – для Чорного і Азовського морів. Контрольний рік для моделювання зони затоплення – **2100 рік**.

Основні принципи розрахунку зон затоплення:

- застосування максимальних науково обґрунтованих прогностичних показників підняття рівня моря, які базуються на врахуванні різних факторів впливу (рис. Фактори, що впливають на рівень моря);
- врахування комплексу чинників, які можуть додатково впливати на формування зони затоплення: вертикальні рухи земної кори; прогноз діяльності циклонів і наслідків їхнього впливу (згінно-нагінні явища).

Моделювання зон затоплення здійснене на основі аналізу відкритої цифрової моделі рельєфу (ЦМР) Shuttle Radar Topography Mission Digital Elevation Model (SRTM). Детальніше про ці вихідні дані - у 2.2. Змодельовано дві зони затоплення:

1) зона, яка формуватиметься на постійній основі за рахунок підняття рівня моря, що спричиняється глобальним потеплінням (з урахуванням особливостей річкового стоку, кількості опадів, перетоків води між морськими протоками, неотектонічних рухів);

2) зона, яка формуватиметься в окремі періоди у зв'язку із циклонічною діяльністю, штормами та згонно-нагонними явищами (детальніше про чинники утворення зон затоплення див. розділ 3).

Полігони зон затоплення були генералізовані (спрощені) так, щоб виключити незатоплені фрагменти та згладити контури після обробки растрових даних ЦМР. Під час генералізації полігонів затоплення, зокрема, усунення «незатоплених» ділянок ми виходили з того, що такі ділянки так чи

інакше стають ізольованими від суші, і навіть непошкоджені об'єкти господарства чи інфраструктури будуть втрачені.

Основний методичний підхід, який був застосований для аналізу та визначення ризиків і можливих втрат від затоплення території, - оверлей (накладання) змодельованої зони затоплення на тематичні набори геоданих. Тематичні набори даних – це сукупність геоданих, які характеризують конкретну сферу діяльності людини.

Ми виділили 6 тем:

- 1) населення та поселення;
- 2) землекористування;
- 3) інфраструктура транспортна й інженерна;
- 4) господарство;
- 5) туризм і відпочинок;
- 6) природа, ландшафт і екологія.

Вихідні дані OpenStreetMap та інших ресурсів були відібрані і згруповані в геоінформаційній системі у набори геопросторових об'єктів відповідно до визначеної теми. Аналіз геоданих здійснений за допомогою геоінформаційних технологій. Розрахунок втрат і збитків здійснений для максимальної можливої зони затоплення, яка може утворитися внаслідок підняття рівня моря. Оскільки наша рамкова робота зорієнтована у тому числі на державних управлінців, то дотриманий адміністративно-територіальний підхід (на рівні областей) до представлення результатів аналізу.

2.2. Вихідні дані

Цифрова модель рельєфу

Створення ЦМР для потреб моделювання підтоплень можливе на основі даних аерофотознімання, лідарного знімання або супутникових даних. Кожен із типів даних має свої особливості щодо техніки генерування й якості результуючої ЦМР.

Найбільшу точність даних можна отримати комбінацією лідарного та фотограмметричного знімання з використанням пілотованої або безпілотної авіації. Точність таких даних може бути у межах перших сантиметрів і є достатньою для точного прогнозування на локальному рівні³⁹. При використанні даних із сучасних супутників надвисокої роздільної здатності можливо досягти точності на рівні перших метрів⁴⁰, яка буде достатньою для попереднього прогнозування наслідків підтоплень на загальнодержавному та регіональному рівнях, для планування більш точних лідарних і фотограмметричних знімань. Для попереднього прогнозування можна використовувати архівні топографічні дані крупних масштабів (якщо вони наявні в електронному вигляді). Наземне інструментальне топографічне знімання дає найточніші результати, однак потребує значних затрат, тому найкраще підходить для дослідження відносно невеликих ділянок.

За умов відсутності інших даних, альтернативою є використання даних Глобальної цифрової моделі висот Shuttle Radar Topography Mission (SRTM DEM), які наявні у відкритому доступі. Точність⁴¹ (табл. 2.1.) цих даних нерівномірна та залежить від розташування ділянки. Для рівнинної території України точність даних знаходиться у межах 10 метрів, що близько до точності вимірювань за топографічними картами масштабу 1:50 000, які традиційно рекомендуються до використання для

³⁹ Michal Gallay. Direct Acquisition of Data: Airborne laser scanning. [Електронний ресурс] // British Society for Geomorphology: сайт.– Режим доступу:

http://geomorphology.org.uk/sites/default/files/geom_tech_chapters/2.1.4 LiDAR.pdf

⁴⁰ Maurizio Barbarella, Margherita Fiani & Cesarino Zollo. Assessment of DEM derived from very high-resolution stereo satellite imagery for geomorphometric analysis // European Journal of Remote Sensing Volume 50, 2017, Issue 1 : сайт.– Режим доступу: <https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1372084>

⁴¹ Rodriguez, E., C. S. Morris, et al. (2005). An assessment of the SRTM topographic products. https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_D31639.pdf

попередніх розрахунків на стадії планування проектів регіонального рівня та для планування пов'язаних досліджень. Таким чином, дані SRTM цілком придатні для використання при середньомасштабному моделюванні ЦМР і можуть бути застосовані для досягнення головної мети нашого дослідження з попереднього аналізу ризиків та комунікації проблеми. Для моделювання зон затоплень ми використовували дані SRTM Version 3.0 Global ⁴², яка має максимальну точність за рахунок корекцій із використанням таких джерел, як ASTER, GMTED 2010, GDEM2.

Табл. 2.1. Точність даних SRTM для Євразії

Абсолютна помилка у плані	8,8 метри
Абсолютна помилка за висотою	6,2 метри
Відносна помилка за висотою	8,7 метри

OpenStreetMap

Для визначення можливих наслідків підтоплень ми використовували дані OpenStreetMap (OSM) у поєднанні з іншими відкритими джерелами. Дані OSM, хоча і мають нерівномірну точність, виявилися найбільш доступними та повними у порівнянні з іншими можливими джерелами. Дані Державного земельного кадастру, Державного картографічного фонду, плани територіального розвитку, містобудівна документація та інші набори даних важкодоступні як організаційно, так і технічно, не забезпечують рівномірного покриття узбережжя.

OpenStreetMap - це міжнародний краудсорсинговий проект з управління відкритими геопросторовими даними. Відкритість проекту з одного боку дозволяє просто доповнювати та використовувати дані, з іншого – суттєво впливає на точність, актуальність і повноту даних. Загальна якість семантичних даних OSM для урбанізованих територій із активною спільнотою волонтерів у більшості випадків близька до якості даних інших глобальних картографічних провайдерів^{43, 44}. Дані OpenStreetMap доступні під відкритою ліцензією (ODbL) version 1.0.

Адміністративні межі, населені пункти, кількість населення

Для аналізу наслідків затоплення населених пунктів і населення використані відкриті дані, опубліковані на сайті The Humanitarian Data Exchange⁴⁵. Це – два набори даних, які характеризують адміністративний устрій України, разом із населенням. Також – прогнольні показники щільності населення України.

1. Набір геопросторових даних **Ukraine administrative level 0, 1, 2, 3 and 4 boundaries**⁴⁶ («Адміністративний устрій і населені пункти України»):

Джерело даних	State Scientific Production Enterprise "Kartographia"
Contributor	OCHA Ukraine – United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs in Ukraine

⁴² Enhanced Shuttle Land Elevation Data, <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

⁴³ Cieřuch, Błażej and Jacob, Ricky and Mooney, Peter and Winstanley, Adam C. Comparison of the Accuracy of OpenStreetMap for Ireland with Google Maps and Bing Maps // Spatial Accuracy Research Association (ISARA) : сайт.– Режим доступу: <https://www.spatial-accuracy.org/CipeluchAccuracy2010>

⁴⁴ Positional Accuracy Assessment of the Openstreetmap Buildings Layer Through Automatic Homologous Pairs Detection: the Method and a Case Study. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B2, 2016, pp.615-620

⁴⁵ The Humanitarian Data Exchange - <https://data.humdata.org/>.

⁴⁶ Ukraine administrative level 0, 1, 2, 3 and 4 boundaries - <https://data.humdata.org/dataset/ukraine-administrative-boundaries-as-of-q2-2017>

Дата актуальності даних	Nov 03, 2017
Ліцензія	Other - Humanitarian use only ⁴⁷

2. Набір геопросторових даних **«WorldPop Ukraine»** – розрахунок щільності населення в Україні: Ці набори даних дають прогнозу оцінку щільності населення на основі розрахунку кількості населення для кожної 100x100-метрової комірки у країні на 2020 роки:

Джерело даних	WorldPop, University of Southampton, UK
Contributor	WorldPop ⁴⁸
Дата актуальності даних	Jan 01, 2020
Ліцензія	Creative Commons Attribution 4.0 International License

Цінні ландшафти та природоохоронний фонд

Для аналізу ризиків для цінних ландшафтів і природоохоронного фонду використані результати науково-дослідної роботи, що виконувалася в Інституті географії НАН України. Джерело даних про території й об'єкти природно-заповідного фонду – звіт за науково-дослідною темою *«Розробка наукових принципів та ландшафтно-біотичних критеріїв організації перспективної сітки заповідних територій різного рангу»*. Етап 3. *«Дослідження степової природної зони з метою визначення природних виділів до заповідання. Підготовка рекомендацій щодо створення об'єктів ПЗФ» (2017)»*.

Для аналізу ризиків для територій, які цінні для збереження ландшафтного та біорізноманіття використані геодані, представлені на інтерактивній веб-карті «Emerald Network - General Viewer»⁴⁹.

⁴⁷ <https://data.humdata.org/about/license>

⁴⁸ Worldpop - <http://www.worldpop.org.uk/>

⁴⁹ The Emerald Network Viewer <http://emerald.eea.europa.eu/>

3. ЗОНА ЗАТОПЛЕННЯ В УКРАЇНІ

3.1. Особливості Чорного й Азовського морів. Динаміка рівня моря у ХХ сторіччі

Берегова лінія України складає 2 782 км, територія омивається двома морями – Чорним і Азовським. Між собою моря сполучаються мілководною Керченською протокою; межа проходить за лінією мис Такил–мис Панагія. Чорне море належить до типу внутрішніх міжматерикових океанічних морів, а Азовське – до внутрішньо материкових шельфових⁵⁰.

Чорне море – площа 422 тис. км², найбільша глибина – 2 245 м (на Південь від Ялти). На Південному Заході воно вузькою протокою Босфор з'єднуються з Мармуровим морем, через нього – із Середземним морем, і далі з Атлантичним океаном; на Півночі з'єднується Керченською протокою з Азовським морем. Середній рівень Чорного моря є нижчим за середній рівень Азовського на 7-11 см і вищим за рівень Мармурового моря на 22 см.⁵¹

Азовське море: площа - 38,8 тис. км², об'єм води – 538 тис.км³, середня глибина близько 8 метрів, максимальна – 14 метрів⁵².

Південне положення обох морів обумовлює формування теплого та вологого субтропічного клімату без різких температурних контрастів. На Північному Заході взимку часті вторгнення холодного повітря з Півночі та Північного Сходу, не рідкісними є сильні шторми. Циклони приходять із Заходу та Південного Заходу в основному у холодну половину року. Роль припливних коливань рівня також незначна. У водному балансі велика роль опадів і річкового стоку, позитивний баланс прісних вод обумовлює рівень вище, ніж у Мармуровому морі, надлишок води стікає до басейну Середземного моря⁵³. Коливання рівня Світового Океану та Чорного й Азовського морів мають досить високий показник кореляції: для Чорного моря - 0,725; для Азовського – 0,645^{54, 55}.

З початку спостережень на постах Чорного моря (з 1875 р.) до першого десятиріччя ХХІ сторіччя включно спостерігається усереднене зростання його рівня, із чергуванням періодів зниження та підвищення. У період з 1875 до 1922 року рівень дещо знижувався зі швидкістю 0,2-0,3 мм/рік, а з 1920-х до середини 1990-х рр. підвищувався з середньою швидкістю 1,7-1,8 мм/рік⁵⁶.

У багаторічному ході рівня Азовського моря у період з 1878 до 1985 року можна виділити два періоди: падіння рівня з 1878 до 1935 року зі швидкістю у середньому 1,84 мм/рік і його підйом з 1935 до 1985 р зі швидкістю 1,07 мм/рік (дані для посту спостереження у районі Генічеська). При цьому на окремих тимчасових інтервалах тренд рівня був істотно більшим. Наприклад, у період з 1921 до 1941 р рівень моря зростав у середньому на 7 мм/рік⁵⁷. З урахуванням тектонічних рухів для більшості берегових пунктів інтенсивність підвищення рівня Азовського моря у ХХ ст. складає 1,5±0,69 мм/рік, що добре узгоджується з евстатичною тенденцією зростання рівня Світового океану. Це встановлено у результаті дослідження особливостей клімату морської прибережної зони України, яке виконувало

⁵⁰ Національний Атлас України, 2007

⁵¹ Національний Атлас України, 2007

⁵² Національний Атлас України, 2007

⁵³ В.Н. Еремеев, О.Р. Андрианова, М.И. Скипа. ОСОБЕННОСТИ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ВНУТРЕННИХ МОРЕЙ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА // Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. 2017. Т. 22, вип. 2

⁵⁴ Шуйський Ю.Д. (2000) Типи берегів Світового океану. Одеса, Астропринт

⁵⁵ Рубель О.Е. Организационно-программные подходы к адаптации прибрежных территорий к негативным последствиям изменения климата/О.Е.Рубель//Трансграничное сотрудничество в адаптации бассейна Днестра к изменению климата. Сб. науч. статей. – «Международная ассоциация хранителей реки «Eco-Tiras», 2011. – 224 с.

⁵⁶ Костяной А.Г. , Гинзбург А.И. , Лебедев С.А., Шеремет Н.А. Южные моря России. In book: Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, Publisher: Росгидромет, pp.644-683

⁵⁷Костяной А.Г. , Гинзбург А.И. , Лебедев С.А., Шеремет Н.А. Южные моря России. In book: Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, Publisher: Росгидромет, pp.644-683

Морське відділення Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту (МВ УкрНДГМІ) протягом 2006-2008 років⁵⁸.

Зміни стану Чорного й Азовського морів у наслідок глобального потепління і пов'язане з ними підвищення рівня морів залежать від балансу прісної води у басейні моря (опади, випаровування, річковий стік), температури повітря та вітрового режиму над Чорним морем, а також від змін рівня у Північній частині Егейського моря, температури та солоності вод, які витікають до Дарданелл з Егейського моря⁵⁹. До цих факторів слід додати особливості рухів земної кори – опускання чи піднімання.

⁵⁸ П'ЯТЕ НАЦІОНАЛЬНЕ ПОВІДОМЛЕННЯ УКРАЇНИ З ПИТАНЬ ЗМІНИ КЛІМАТУ. ПРОЕКТ. Підготовлене на виконання статті 4 та 12 Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та статті 7 Кіотського протоколу. Київ, 2009

⁵⁹ Мадерич В.С., Ковалець І.С., Терлецька К.В., Бровченко І.О. ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІН РІВНЯ ЧОРНОГО І АЗОВСЬКОГО МОРІВ В РАМКАХ СЦЕНАРІЇВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ХХІ СТОРІЧЧІ

3.2. Передумови та показники для моделювання зон затоплення в Україні через підняття рівня моря

Згідно сценаріїв репрезентативних траєкторій концентрації парникових газів (РТК), на 2100 рік (відносно періоду 1986-2005 років) слід очікувати таких показників підвищення глобального рівня моря⁶⁰:

Сценарій	Підвищення середнього глобального рівня моря (м) (середнє/вірогідний діапазон)
РТК2.6 (за зменшення викидів)	0,4/0,26-0,55
РТК4.5 (проміжний сценарій)	0,47/0,32-0,63
РТК6.0 (проміжний сценарій)	0,48/0,33-0,63
РТК8.5 (дуже високі викиди)	0,63/0,45-0,82



Рис.7. Підвищення середнього глобального рівня моря за різними сценаріями РТК (Джерело <http://www.climatecentral.org/news/antarctic-modeling-pushes-up-sea-level-rise-projections-21776>)

В Україні в Інституті проблем математичних машин і систем НАН України (В.С. Мадерич, І.В. Ковалець, К.В. Терлецька, І.О. Бровченко) на основі глобальних сценаріїв IPCC змін клімату здійснена оцінка ймовірного рівня Чорного й Азовського морів у 2010-2100 роках. Вхідні дані для розрахунків у цій роботі на період 2000-2100 роки:

- температура повітря над Чорним, Азовським і Мармуровим морями,
- різниця опади-випаровування над Чорним, Азовським і Мармуровим морями,
- річковий стік до Чорного, Азовського, Мармурового морів,
- вітер над Чорним і Мармуровим морями,
- температура, солоність і рівень моря у Північній частині Егейського моря.

⁶⁰ IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Моделювання здійснене за сценаріями IPCC RCP 4.5 та RCP 8.5. Щодо підняття рівня моря висновки такі⁶¹:

- зміни рівня моря (як і температура та солоність) суттєво залежать як від кліматичних змін у басейні Чорного моря, так і від змін у Середземному морі, які своєю чергою залежать від глобальних кліматичних змін;
- очікується підйом рівня на **0.36 м** і **0.46 м** до 2100 року згідно сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 відповідно.

Інші регіональні дослідження змін рівня Чорного й Азовського морів більше присвячені ретроспективному (історичному) аналізу, а при формулюванні прогностичних показників посилаються на глобальні дослідження, головним чином, групи експертів зі зміни клімату, результати досліджень яких представлені у відповідних звітах⁶².

Таким чином, **на 2100 рік максимальний** прогностичний показник глобального підняття рівня моря **складає 0,82 метри** за сценарієм **дуже високих викидів парникових газів**. Репрезентативне дослідження для **Чорного й Азовського морів** показує результат підняття рівня **на 0,46 метри** (корелює з глобальними оцінками). Виходячи із вказаних вище принципів розрахунку зони затоплення, за основу прийнято максимальний вірогідний показник – 0,82 метри.

Сучасні вертикальні рухи земної кори.

За даними С.В. Победоносцева (1972)⁶³ все узбережжя Чорного моря занурювалося до нього зі швидкостями від 0,03 до 0,16 см/рік. В Одесі вони зростали до -0,52 і -0,66 см/рік відповідно. Точність оцінюється як $\pm (0,03-0,04)$ см/рік⁶⁴. Ці дані, уточнені та деталізовані, ввійшли до карти сучасних вертикальних рухів земної кори Східної Європи, виданої Міжнародним союзом геодезії та картографії⁶⁵. В 1986 р за даними нового повторного нівелювання була складена карта сучасних вертикальних рухів земної кори на території Східної Європи, масштаб цієї карти 1:2 500 000⁶⁶.

⁶¹ В.С. Мадерич, І.В. Ковалець, К.В. Терлецька, І.О. Бровченко ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІН РІВНЯ ЧОРНОГО І АЗОВСЬКОГО МОРІВ В РАМКАХ СЦЕНАРІЇВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У XXI СТОРІЧЧІ//Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика

⁶² IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

⁶³ Победоносцев С.В. Современные вертикальные движения побережий морей, омывающих Европейскую территорию СССР//Океанология.— 1972.— т. 12, вып. 4.— с. 741-745.

⁶⁴ Горячкин Ю.Н. Современные вертикальные движения земной коры на побережье Черного моря//Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2008

⁶⁵ Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. 1:10000000.— М.: ГУГК при СМ СССР, 1971.— 18 с.

⁶⁶ Карта современных вертикальных движений земной коры на территории Болгарии. Венгрии. ГДР. Польши. Румынии. СССР (Европейская часть). Масштаб 1:10 000 000, М., 1986.



Рис. 8. Сучасні вертикальні рухи земної кори у межах України (укладено за Картою сучасних вертикальних рухів земної кори..., 1986⁶⁷)

Подальші дослідження підтвердили вказані тенденції. За даними, отриманими у Криму на нівелірному полігоні, на якому встановлені репери та щорічно проводиться повторне прецензійне нівелювання, визначено, що узбережжя Криму занурюється у море зі швидкістю в окремих точках до 0,14 см/рік (0,1 см/рік – Чорноморське; 0,12 см/рік – Євпаторія; 0,14 см/рік – Алушта)⁶⁸.

На чорноморському узбережжі для 14 пунктів розраховані помісячні тренди періоду 1927-2006 років (періоду підйому рівня моря)^{69, 70}. Оцінка швидкості вертикальних рухів виконана, виходячи із припущення про сучасне занурення Північного узбережжя Чорного моря, що не суперечить даним повторного нівелювання. Виконані таким чином оцінки швидкості вертикальних рухів земної кори для періоду 1927–1990 років дають величини, наведені у таблиці 3.1.

Табл. 3.1. Розрахункові швидкості вертикальних рухів земної кори для українського північного узбережжя Чорного моря

Пункт	Швидкість вертикальних рухів земної кори (см/рік)
Одеса	- 0,36
Очаків	- 0,21
Хорли	- 0,10
Чорноморське	- 0,10
Євпаторія	- 0,16
Севастополь	- 0,11
Ялта	- 0,15
Феодосія	- 0,08

⁶⁷ Карта современных вертикальных движений земной коры на территории Болгарии. Венгрии. ГДР. Польши. Румынии. СССР (Европейская часть). Масштаб 1:10 000 000, М., 1986.

⁶⁸ Багрова Л., Боков В., Багров Н. География Крыма. — К.: Лыбидь, 2001.—304 с.

⁶⁹ Горячкин Ю.Н. Современные вертикальные движения земной коры на побережье Черного моря//Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2008

⁷⁰ Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее. Под ред. В.Н. Еремеева/Ю.Н. Горячкин, В.А. Иванов; НАН Украины, Морской гидрофизический институт. - Севастополь, 2006.- с. 210, ил. 65, табл. 19, библи. 287.

Дані про сучасні тектонічні рухи земної кори у межах України представлені також у Національному атласі України⁷¹. На карті «Сучасні тектонічні рухи земної кори» зображені ареали опускання/підняття земної кори та сталі ділянки. Кількісні показники, у вигляді ізоліній, показані на 1971 і 1986 роки.

Для розрахунку зон затоплення на 2100 рік враховані такі особливості рухів земної кори:

- Північно-Західне узбережжя Чорного моря – опускання поверхні до 50 см (0,5 см/рік) (розрахунковий період до 2100 року від 2000 – часу отримання даних SRTM),
- гирло Південного Бугу та Дніпра, узбережжя Азовського моря у районі Бердянська та Маріуполя, частково узбережжя Криму – опускання до 20 см (до 0,2 см/рік),
- без змін район Сиваша та фрагмент узбережжя Азовського моря у районі Кирилівки, ділянки узбережжя Криму.



Рис.9. Зв'язок тектонічних рухів земної кори та підняття рівня моря

Згінно-нагінні явища. Внаслідок поширених у регіоні сезонних згінно-нагінних явищ зона затоплення може бути суттєво розширена. Хоча такі явища є короткотерміновими, проте вони можуть посилити вплив підняття рівня моря, спричинити загрози для населення й інфраструктури, зумовити суттєві збитки.

Основними погодними чинниками, що визначають режим коливань рівня моря, є атмосферний тиск і вітер. При цьому вітру належить вирішальна роль. Такі коливання рівня проявляються у вигляді згінно-нагінних явищ. Їх розвиток визначається співвідношенням напрямку чинного вітру та конфігурації берегової лінії.

Виникнення згінно-нагінних коливань у Чорному морі зумовлюється бризами, сезонними змінами поля вітру та проходженням циклонів. Найзначніші згінно-нагінні коливання рівня відзначаються в осінньо-зимовий період у Західному і Північно-Західному районах моря⁷²:

- Максимальний нагін у Приморському зафіксований у лютому (115 см), максимальні згони – у жовтні (76 см).
- В Одесі максимальний нагін відзначений у жовтні (100 см), а максимальні згони - у листопаді (182 см).

⁷¹ Національний Атлас України, 2007

⁷² Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее/Под ред. В.Н. Еремеева/Ю.Н. Горячкин, В.А. Иванов; НАН Украины, Морской гидрофизический институт. - Севастополь, 2006. - с. 210, ил. 65, табл. 19, библ. 287.

- У Хорлах максимальний нагон був зареєстрований у лютому (112 см), а максимальні згони - у січні (93 см).

У Північно-Західному та Західному районах моря найбільша кількість згінно-нагінних коливань становить 30-40 см. Такі згони та нагони у Приморському й Очакові спостерігаються восени, взимку та навесні. В Одесі та Хорлах бувають протягом усього року, але в літній час їх повторюваність незначна. Коливання, що перевищують 40 см, спостерігаються рідко, і тільки восени та взимку:

- у Приморському з 1952 до 1963 рр. нагони більше 40 см склали 3,9 %, згони - 2,0 % всіх випадків;
- в Одесі з 1948 до 1980 рр. нагони склали 1,6 %, згони — 7,0 %;
- у Хорлах нагони та згони спостерігалися, відповідно, в 4,0 та 6,1 % випадках.

Сильні згони та нагони, що перевищують 50 см, спостерігалися ще рідше. На Кримському узбережжі згони та нагони невеликі й рідко перевищують 20 см. Однак у поодиноких випадках в окремих пунктах узбережжя спостерігалися згони та нагони 30-40 см і більше. Розрахунок штормових нагонів у Чорному морі представлений у таблиці⁷³ (табл. 3.2).

Таблиця 3.2. Максимальні величини згонів і нагонів у пунктах спостереження на узбережжі Чорного моря

Пункт	Макс. нагон, см	Макс. згон, см
Констанца	45	46
Вилкове	49	46
Чорноморськ (Іллічівськ)	66	67
Одеса	88	82
Очаків	83	86
Хорли	91	95
Чорноморське	46	37
Євпаторія	22	9
Севастополь	14	6
Ялта	11	5
Феодосія	36	36

Розвитку згінно-нагінних коливань рівня в **Азовському морі** сприяють: досить значна площа моря (39 тис. км²) при незначній середній глибині 7 м), а також істотна штормова активність (середня кількість днів із штормовим вітром швидкістю 15 м/с і більше становить 24-34 дні на рік). Також на азовському узбережжі у зимовий і весняний періоди можливі урагани, активізовані циклонічною діяльністю⁷⁴. Вони викликають штормові згони та нагони, які впливають на водообмін між Чорним і Азовським морями. Найчастіше піддаються катастрофічним нагонам (48 % всіх випадків) і згонам (60 %) Східне узбережжя моря та Таганрозька затока⁷⁵. Амплітуда згінно-нагінних коливань рівня у цих районах Азовського моря нерідко досягає значень 2,0-3,5 м.

⁷³ Иванов В.А., Коновалов А.В., Мангиук Ю.В., Черкесов Л.В. Математическое моделирование сгонно-нагонных колебаний в Черном море//Метеорология и гидрология. - 1999.- № 11. - с. 56-63.

⁷⁴ Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Т. 3. Азовское море. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1986. – 218 с.

⁷⁵ Черкесов Л.В., Шульга Т.Я., Дьяков Н.Н., Станичная Р.Р. Численное исследование сгонно-нагонных процессов и течений Азовского моря в период экстремальных ветров//МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. - № 5. - 2017

Результати дослідження⁷⁶ впливу циклонічних збурень на динаміку вод Азовського моря з урахуванням і без урахування водообміну через Керченську протоку представлені у таблиці 3.3.

Табл. 3.3. Згінно-нагінні коливання Азовського моря

Берегові станції	R циклону=100 км		R циклону=200 км		R циклону=400 км	
	з урахуванням	без урахування протоки	з урахуванням	без урахування протоки	з урахуванням	без урахування протоки
Нагони						
Генічеськ	10	11	12	15	12	19
Бердянськ	8	10	11	16	10	13
Маріуполь	39	46	59	68	70	79
Згони						
Генічеськ	13	22	12	18	36	43
Бердянськ	2	3	5	8	3	4
Маріуполь	12	7	15	11	22	17

Завдяки штормам рівень моря
періодично збільшується

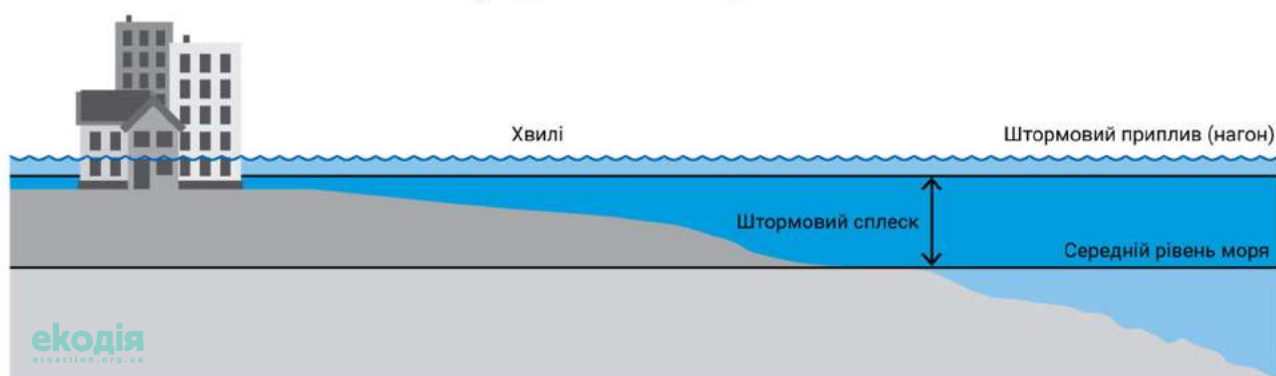


Рис. 10. Вплив нагонних явищ і штормів на періодичне підняття рівня моря

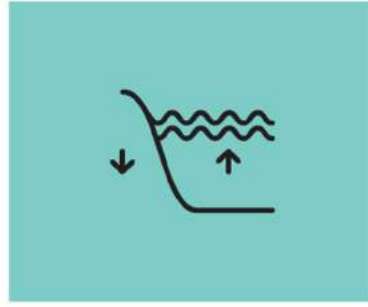
Показники для розрахунку зон затоплення внаслідок підняття рівня моря

Формування зони затоплення спричиняється трьома основними чинниками:

⁷⁶ Иванов В.А., Фомин В.В., Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. Исследование сгонно-нагонных движений с учетом водообмена через Керченский пролив, вызываемых прохождением циклонов в Азовском море//Доповіди Національної академії наук України, 2009. - № 3



**Глобальне підняття
рівня моря внаслідок
потепління**



**Вертикальні рухи
земної кори**



**Сезонні нагонні явища
та шторми**

Перші два чинники призводять до формування усталеного рівня води. Третій – спричиняє короткострокове підняття рівня води. Для відображення цих особливостей змодельовані дві зони затоплення:

зона I – та, що носить постійний характер із умовно незмінним рівнем води. Зона моделюється на основі максимального обґрунтованого показника глобального підняття рівня моря – **+ 82 см на 2100 рік згідно сценарію максимальних прогнозних викидів парникових газів**. Цей показник коригується й узгоджується із картою сучасних рухів земної кори і ділянками піднімання/стабільного стану/опускання поверхні (рис. сучасні вертикальні рухи земної кори).

зона II – носить сезонний характер, призводить до короткострокового коливання (підняття) рівня моря. Показники (ті, що спостерігались і розрахункові) нагонів води досить відрізняються у різних пунктах спостереження на Чорному й Азовському морях. Максимальні розрахункові показники такі: узбережжя Чорного моря – 88 см (Одеса), 91 см (Хорли); узбережжя Азовського моря – 79 см (Маріуполь). Для розрахунку зони використовуються максимальні показники нагону води: **на узбережжі Чорного моря +91 см, Азовського моря +79 см**.

Отже, за виправданості прогнозів зростання рівня Світового Океану до 2100 року, сумарне короткострокове підвищення рівня води при штормових нагонах на окремих ділянках узбережжя Чорного моря може **на 223 см перевищити сучасний рівень**.

Фактори, які не було враховано у моделюванні зони затоплення

Разом такі додаткові фактори як хвилі та зміна рівня ґрунтових вод призводять до змін у гідрологічних потоках узбережних територій, впливаючи на характер, стоку, випаровування, перенесення, солоності, зволоженості тощо. Ступінь впливу цих факторів суттєво залежить від локальних умов. Ми не враховували ці фактори при моделюванні зростання рівня моря та відповідних ризиків через відсутність доступних достовірних даних.

Для Чорного моря висота хвиль може становити 6-7 метрів^{77, 78}, а для Азовського - до 3 метрів. Хвилі призводять до прискореної ерозії берегів, зміни профілю морського дна й узбережжя, руйнування незахищеної інфраструктури.

Частина узбереж населених пунктів захищені додатковими залізобетонними укріпленнями. Гарантійний час експлуатації таких укріплень становить 25-30 років, зведені вони у 1960-1970-х рр. Руйнування укріплень може істотно пришвидшити ерозію берегів і збільшити площі підтопленя. Через

⁷⁷ Ветро-волновые условия Азово-Черноморского побережья Украины/В.А. Наумова, М.П. Евстигнеев, В.П. Евстигнеев, Е.П. Любарец//Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: 36. наук. пр. — 2010. — Вип. 259. — с. 263-283.

⁷⁸ Аналіз узбережжя Чорного та Азовського морів щодо використання хвильової енергії/Ivan M. Martynovskiy// Збірник наукових праць НУК № 3 (2011) <http://jnn.nuos.edu.ua/issue/view/1452>

збільшення рівня моря навіть не зруйновані укріплення можуть виявитися неефективними, що збільшить ерозію та площі затоплень.

Стійкість берега моря залежно від напластування порід



Наслідки підвищення рівня моря залежно від типу профіля берега

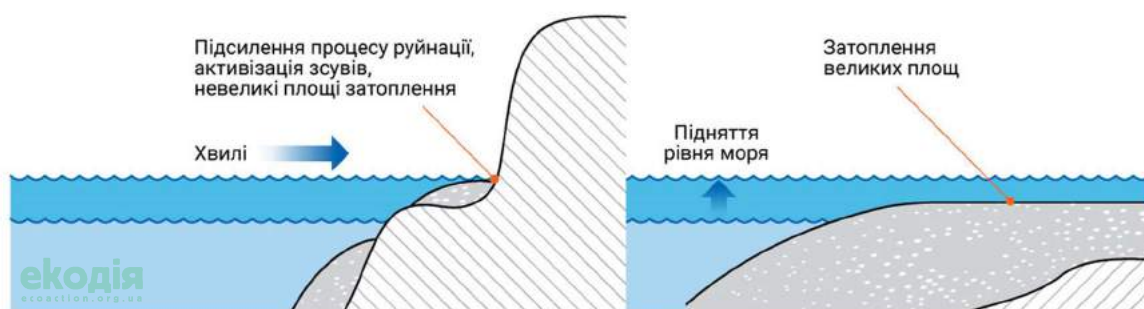


Рис. 11. Руйнування берегів

При збільшенні рівня моря дамби вздовж узбережжя та річок, які зараз захищають низовини від повеней, зазнаватимуть додаткового навантаження та будуть частково зруйновані, що призведе до додаткових підтоплень та збитків. Ця загроза найбільш актуальна для Одеської та Херсонської областей, де дамбами захищено найбільше пасовищ, полів, населених пунктів.

За умови збільшення рівня моря, дамби руйнуються

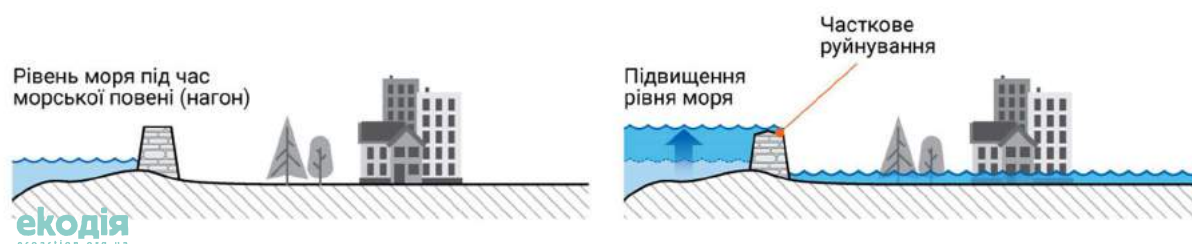


Рис. 12. Руйнування дамб

Зміни течій, які відбудуться внаслідок збільшення рівня моря та змін берегової лінії призведе до перерозподілу абразійно-аккумулятивних процесів вздовж узбережжя. На деяких ділянках руйнація берегів і наступ моря пришвидшиться, на інших - уповільниться.

Зростання рівня ґрунтових вод внаслідок підняття рівня моря

Рівень моря, рівень води та межі солоно-прісних вод

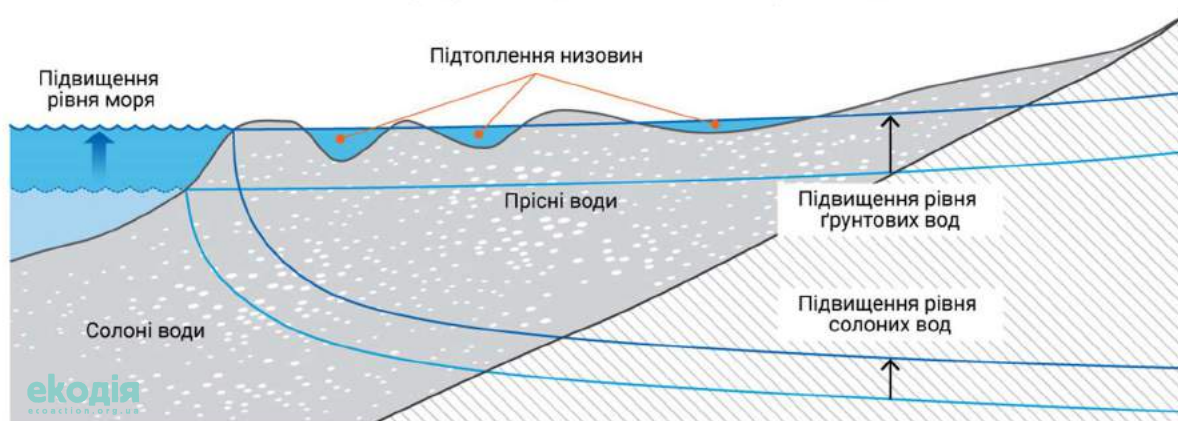


Рис. 13. Зростання рівня ґрунтових вод внаслідок підняття рівня моря

На локальному рівні ризики підтоплення тієї чи іншої ділянки залежатимуть також від мікрорельєфу, наявності перепон на шляху нагонів і хвиль у вигляді щільної забудови або рослинності, від характеру надводного та підводного профілю узбережжя, складу гірських порід тощо.

Включення до моделі підтоплення цих та інших локальних факторів доцільне у рамках більш точних регіональних проектів з оцінки ризиків і адаптації (до підвищення рівня морів) і можливе за умови наявності достовірних топографічних, геоморфологічних і гідрологічних даних.

3.3. Зони затоплення в Україні

Інтенсивного впливу від підняття рівня моря зазнають прибережні території Південних областей України. На 2100 рік, 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).



Рис. 14. Прогнозні зони затоплення, які можуть утворитися внаслідок підняття рівня моря через глобальне потепління

Табл. 3.4. Зона затоплення, яка утвориться внаслідок підняття рівня моря

	Площі під затопленням по областям, га	Частка території області, %	Площі під затопленням без водойм по областям, га	Частка території області під затопленням без водойм, %
АР Крим, разом із Севастополем	297770,7	5,9	170142,5	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	

Табл. 3.5. Зона затоплення, яка утворюватиметься періодично після штормів і нагонів

	Площі під затопленням за областями, га	Частка території області, %	Площі під затопленням без водойм за областями, га	Частка території області під затопленням без водойм, %
АР Крим, разом із Севастополем	409268,30	8,1	277087	5,5
Донецька область	22138,70	0,4	20575,8	0,3
Запорізька область	149156,00	2,5	87109,4	1,5
Миколаївська область	83871,10	1,6	46834,7	0,9
Одеська область	608484,60	8,6	295220,2	4,2
Херсонська область	550730,50	10,1	441381,4	8,1
Разом в Україні	1 823 649		1 168 209	

4. РИЗИКИ ТА НАСЛІДКИ ДЛЯ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

4.1. НАСЕЛЕННЯ ТА ПОСЕЛЕННЯ

Природні умови та соціально-економічні аспекти впливають на нерівномірність розміщення населення в Україні. У південних областях України більшість населення сконцентрована навколо приморських міст Північного Причорномор'я та Південного узбережжя Криму. Безперечно, населення саме цих регіонів першими відчує негативний вплив зміни клімату у прибережній зоні Чорного та Азовського морів.

На соціально-економічне становище сильно впливатимуть проблеми із прісною водою, посухи, збільшення кількості та інтенсивності екстремальних погодних явищ – штормів, ураганів та повеней, які призводитимуть до пришвидшення ерозійних процесів на узбережжі. Глобальне потепління також впливатиме на прибережні та морські екосистеми, що підтримують існування населення в цих регіонах⁷⁹. Все це накладається на прямий вплив – можливість затоплення деяких районів внаслідок підняття рівня моря та згонно-нагонних явищ, що потребуватиме переселення людей, перебудови інфраструктури та міст.

До прогнозованої зони затоплення повністю або частково можуть потрапити близько **590** населених пунктів. З них **62 села** та **6 міст і містечок** повністю потрапляють у прогнозовану зону затоплення (Вилкове, Гола Пристань, Щолкіне, Седове, Затока, Лазурне).



Рис. 15. Площі затоплення території населених пунктів

34 міста потрапляють до зони затоплення (їх територія може бути частково підтоплена), у тому числі, такі великі міста, як Одеса, Херсон, Миколаїв, Маріуполь, Бердянськ, Мелітополь та Керч.

Кількість населення, яке проживає у населених пунктах, що потрапляють у зону затоплення (частка площі у зоні затоплення 75-100%) – **76 672** чол. Навіть у разі підтоплення лише частини населеного пункту – впливу буде зазнавати вся громада.

⁷⁹ IPCC Report. Climate Change 2007: Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch6s6-4-2.html

Міста у зоні затоплення

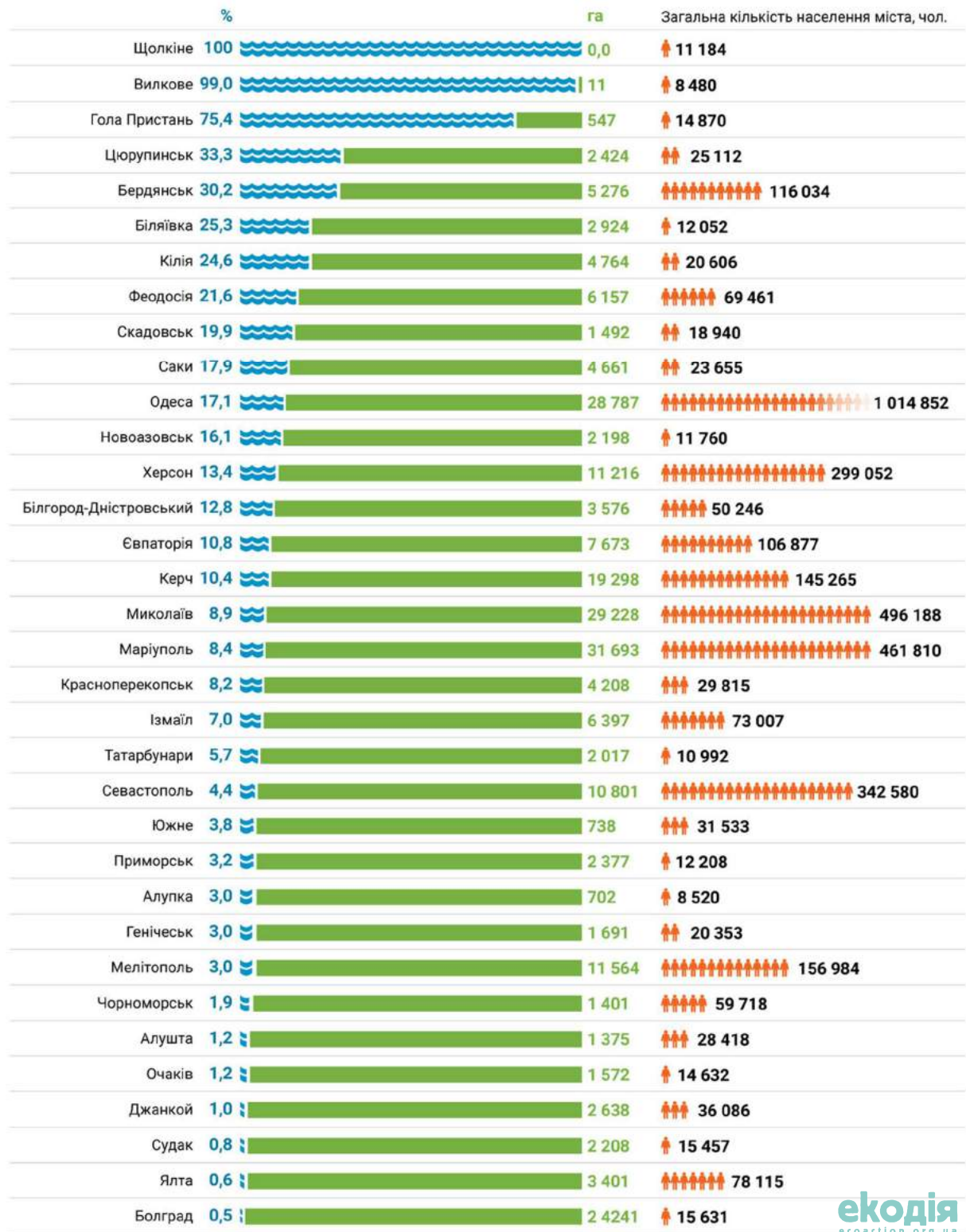


Рис. 16. Міста у прогностичній зоні затоплення

Кількість населення

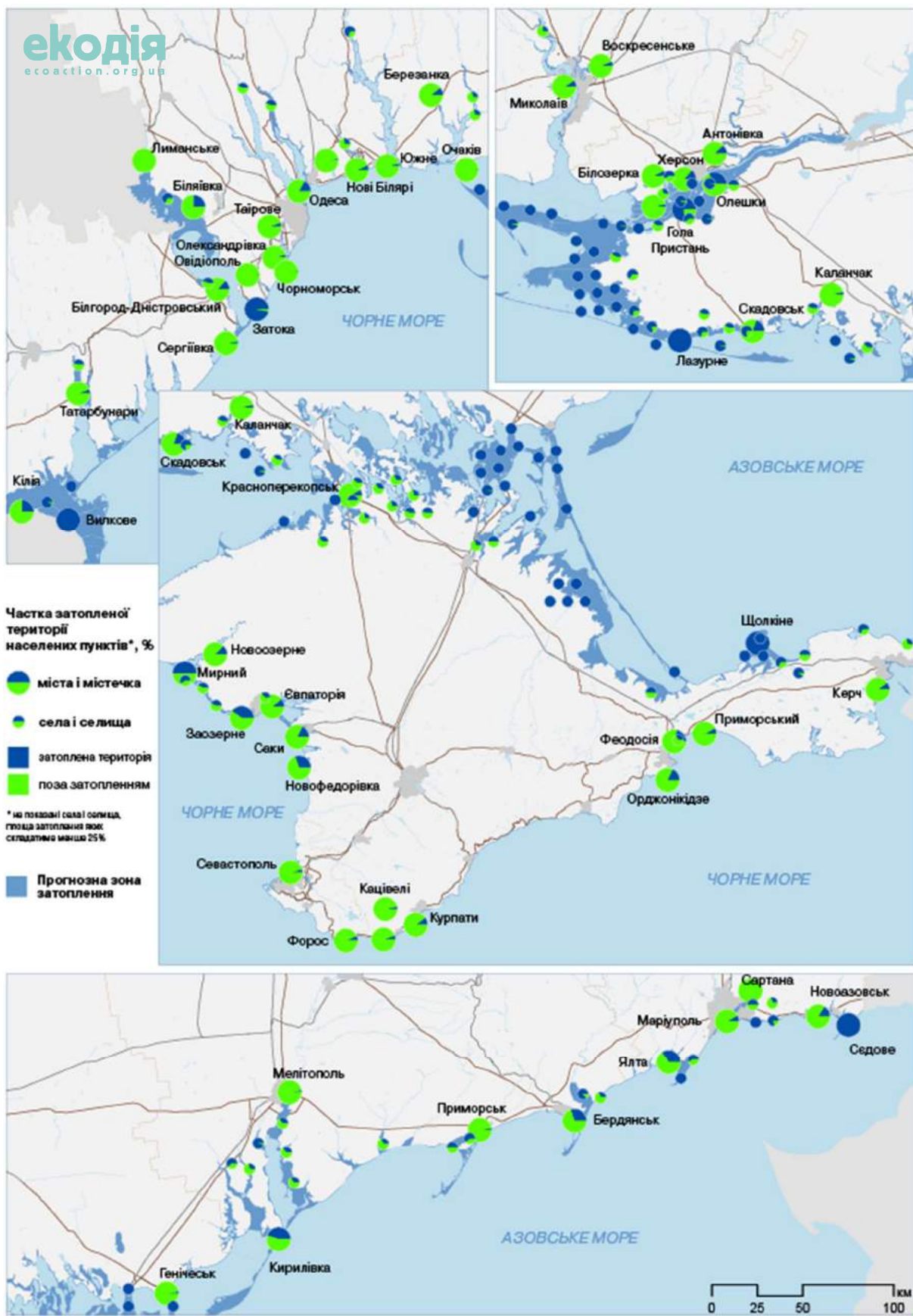


Рис. 17. Площа затоплення території населених пунктів

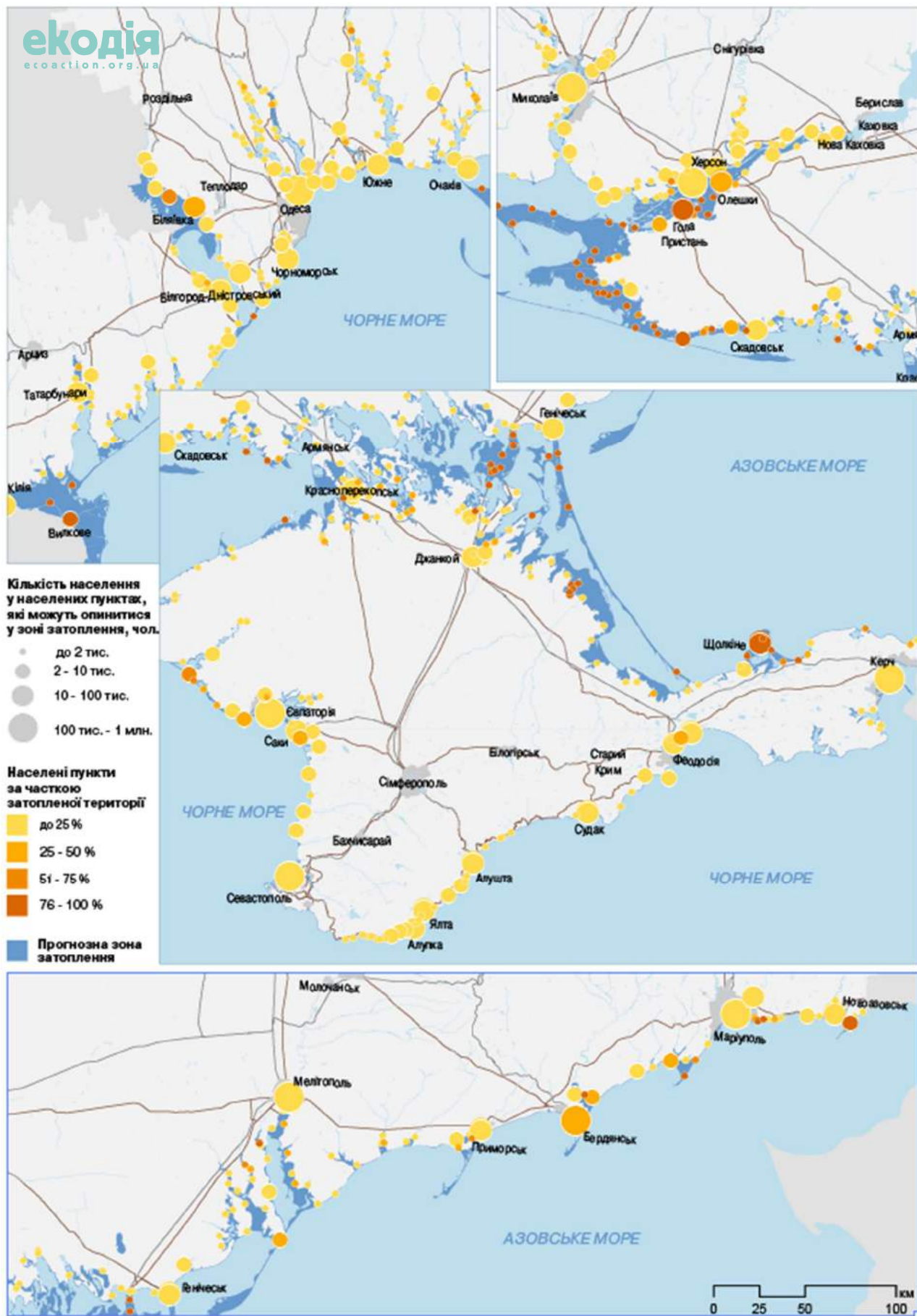


Рис. 18. Кількість населення, яке проживає у населених пунктах, що можуть потрапити у зону затоплення

Табл. 4.1. Характеристики населених пунктів, що потрапляють до зони затоплення, яка утвориться внаслідок підняття рівня моря

Тип населених пунктів	Частка території у зоні затоплення, %	Кількість поселень, що частково або повністю потрапляють до зони затоплення (загалом – 590 нп)
Міста	75-100	3
	50-75	0
	25-50	3
	0-25	28
Селища міського типу	75-100	3
	50-75	1
	25-50	4
	0-25	40
Селища	75-100	6
	50-75	2
	25-50	2
	0-25	27
Села	75-100	57
	50-75	11
	25-50	43
	0-25	360

Будівлі та соціально-значимі об'єкти

Всього у прогнозованій зоні затоплення може опинитися **близько 52 тисяч будівель**. Із них у Запорізькій області - 13587, Одеській - 10082, Херсонській - 8862, Донецькій - 7532, Миколаївській - 3592, в АР Крим - 8181. Найбільшу частину з них становлять різноманітні житлові будинки. У зоні затоплення опиняться близько 47 000 житлових будинків різного типу. Із соціально значимих будівель будуть втрачені будівлі 52 шкіл, 4 дитячих садочків, 11 університетів (у тому числі, приміщення Бердянського державного педагогічного університету, Одеського Університету внутрішніх справ), 13 лікарень, 6 залізничних і 1 автовокзалу.

Університети:

Бердянський державний педагогічний університет (5 будівель)

Бердянський інститут державного та муніципального управління (1 будівля)

Бердянський університет менеджменту і бізнесу (2 будівлі)

Одеса - Міжрегіональна Академія управління персоналом МАУП (2 будівлі)

Одеса - Університет внутрішніх справ (1 будівля)

Кількість будівель у зоні затоплення

Будівлі за типом використання

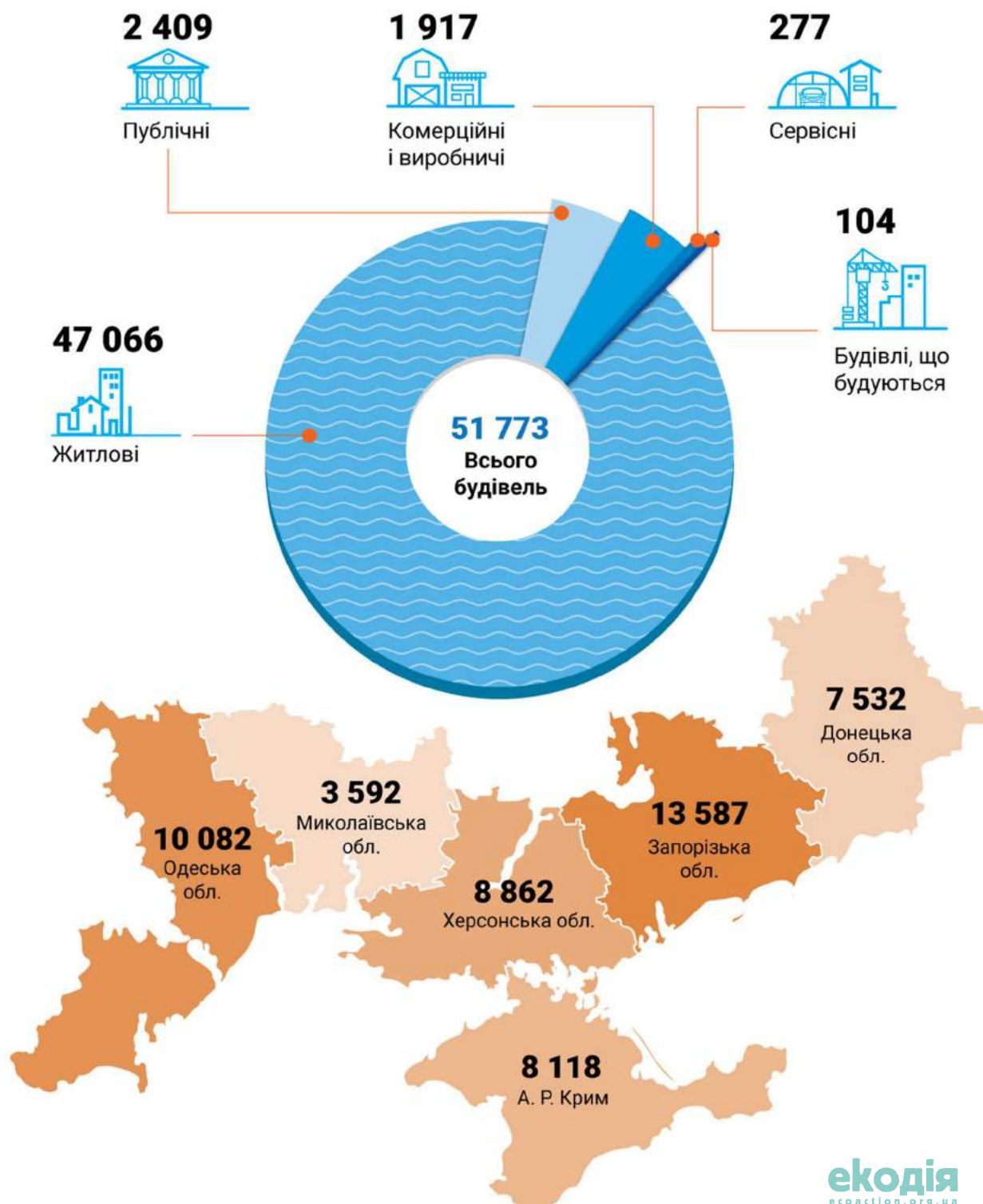


Рис. 19. Кількість будівель у зоні затоплення

Кількість Соціально важливих об'єктів у зоні затоплення	
будівлі автовокзалів	1
будівлі залізничних вокзалів	6
будівлі державних установ	8
дошкільні навчальні заклади	4
коледжі	5
лікарні	13
університети	11
школи	52
Загалом у зоні затоплення	100

Забудова та зелені зони

- Житлова
- Громадська
- Комерційна (*офіси, торгівля, склади*)
- Промислова
- Військова
- Будівництво (зараз ведеться будівництво)
- Зелені зони (вкл. *кладовища*)
- Водойми/Немає даних

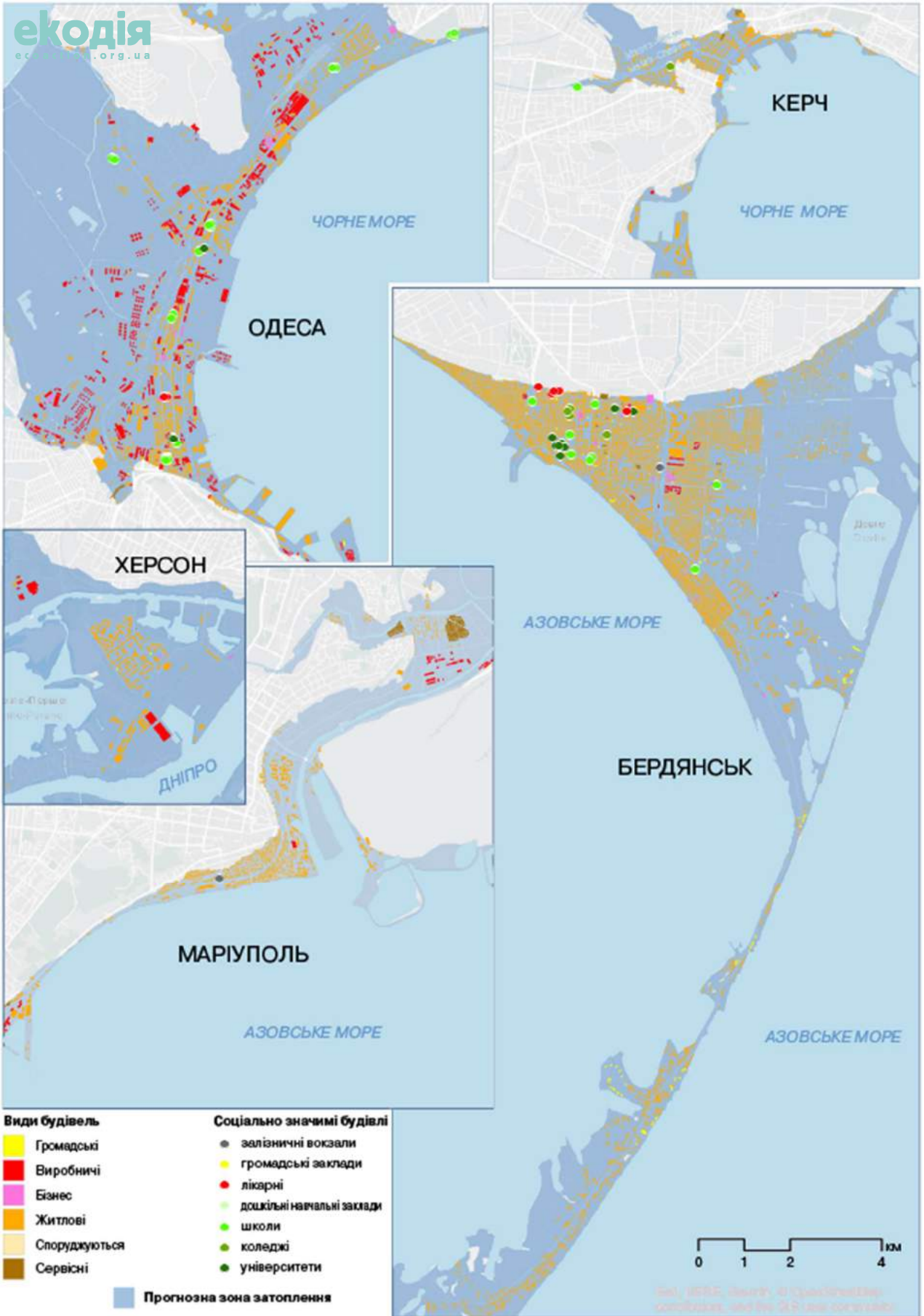


Рис. 20. Будівлі і соціально-значимі об'єкти (на прикладі окремих міст)

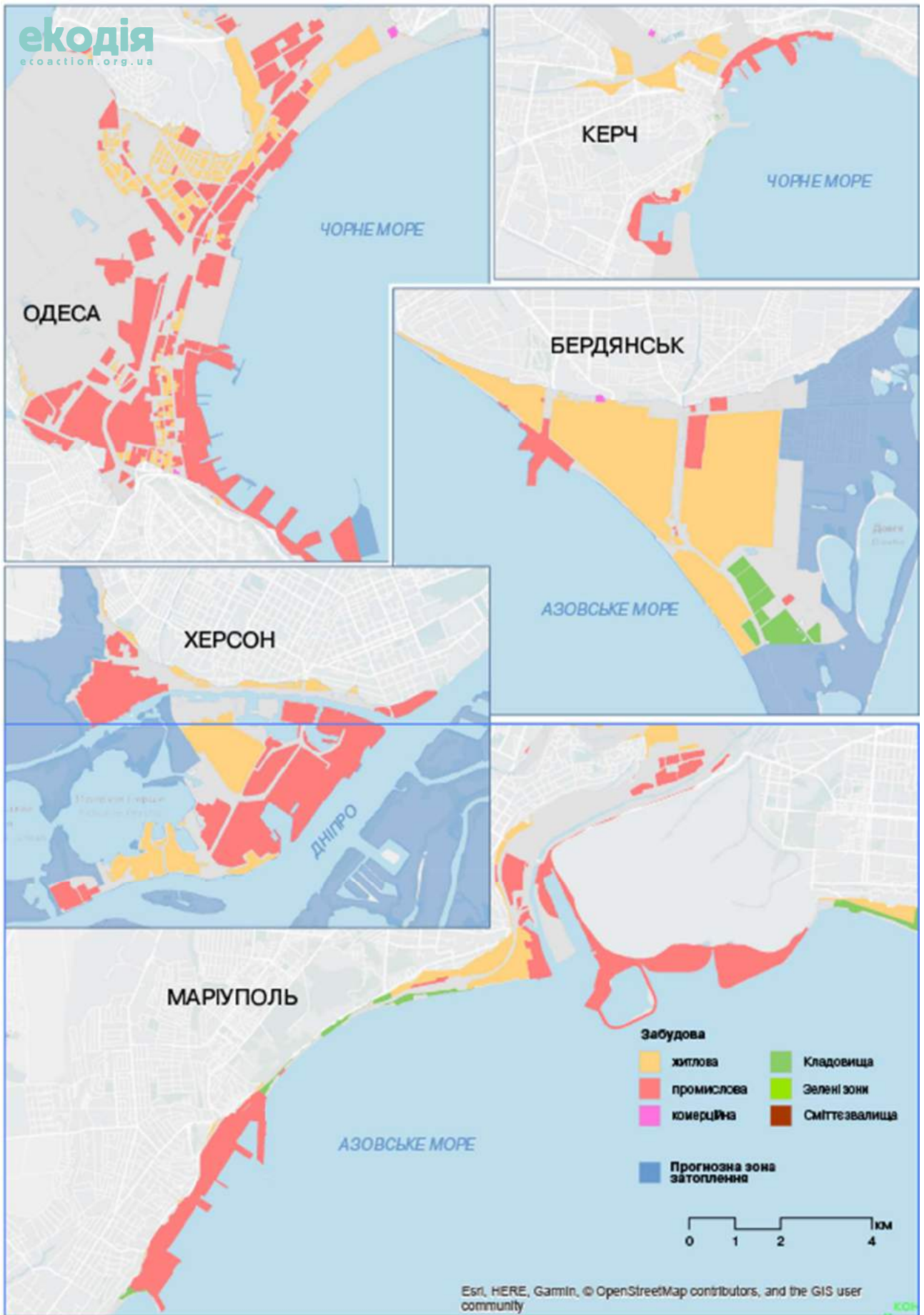


Рис. 21. Забудова та зелені зони населених пунктів, які можуть потрапити у зону затоплення

4.2 ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ



Рис. 22. Структура затоплених територій за типом землекористування

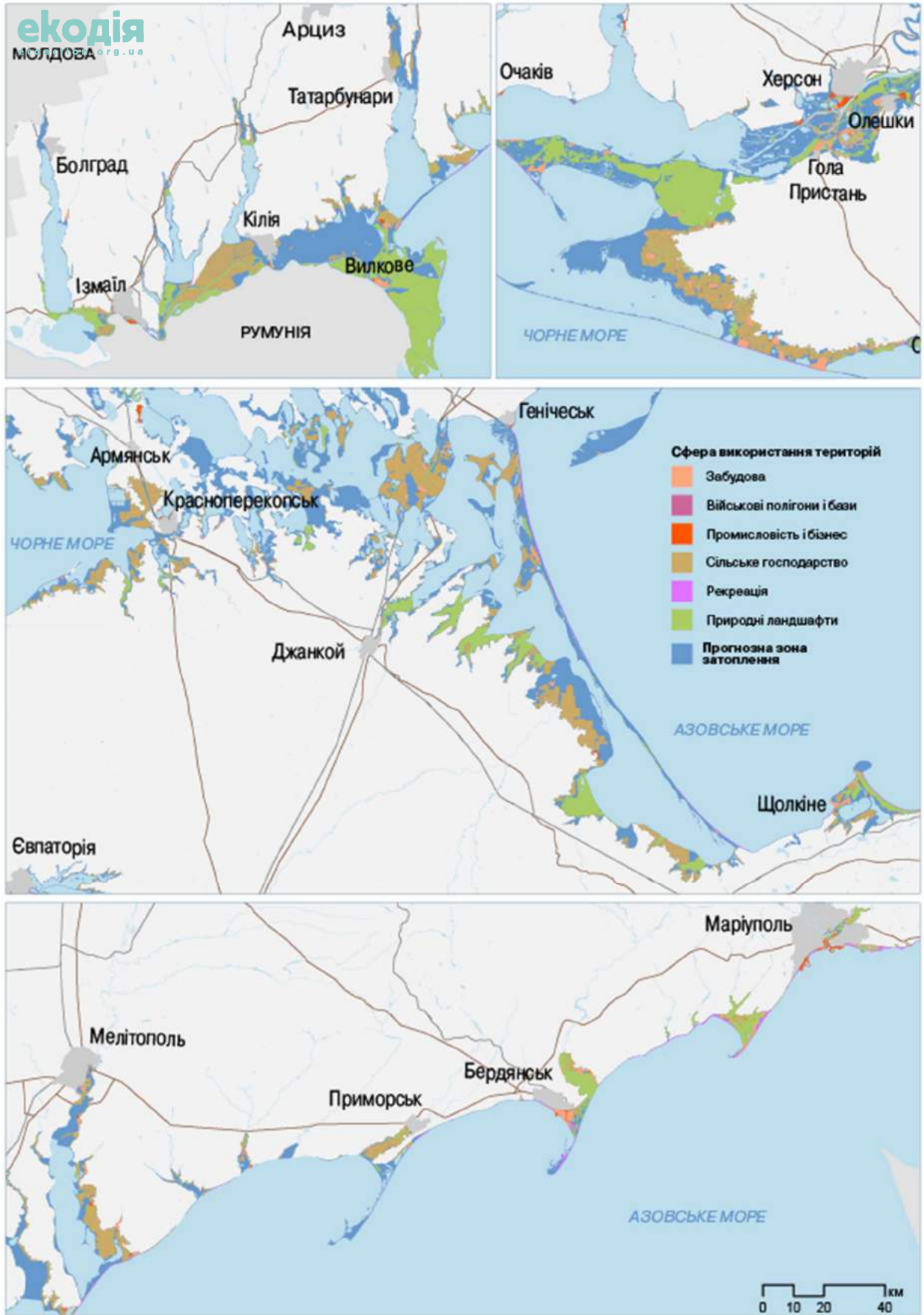


Рис. 23. Прогнозні зони затоплення за типом землекористування

4.3. ІНФРАСТРУКТУРА

Такі порушення режиму землекористування в охоронній береговій зоні, як незаконні забудова та ведення сільського господарства, значно посилюють загрози від руйнування берегу. Зазначимо, що будівництво в охоронних зонах останніми роками продовжується посиленими темпами. Збільшення рівня ґрунтових вод зменшить термін експлуатації незатоплених будівель і інфраструктури, вплине на якість вод, що використовують у господарстві та побуті.

Для транспортної інфраструктури будуть втрачені близько 5,5 тис. км доріг із твердим покриттям, у тому числі, 213 км міжнародного значення та 105 км національного значення. У зоні затоплення опиняться 850 км залізничних шляхів. Відчутними будуть втрати для електричних мереж - близько 700 км ліній електропередач будуть порушені.

До зони затоплення потрапляють також вокзали (станції - 15, залізничні вокзали - 6, автовокзали - 1, депо - 1) і порти - 53 об'єкти, у тому числі: Одеський, Маріупольський, Бердянський, Керченський, Ялтинський морські торговельні порти, Очаківський і Феодосійський морські порти, Морський порт «Чорноморськ», Морський порт «Южний» та ін., а також річкові порти та порто-пункти: Миколаїв, Ізмаїл, Кілія, Рені.



Транспортна інфраструктура

Вокзали (станції - 15, залізничні вокзали - 6, Автовокзали - 1, Депо - 1) та порти - 53 ділянки, у тому числі:

- Бердянськ
- Керч-Порт
- Крим
- Маріуполь-Порт
- Одеса-Пересип
- Одеса-Сортувальна
- Одеський морський порт
- Порт Крим
- Порт Очаків
- Феодосійський морський порт
- Ялтинський морський торговельний порт
- Морський порт «Чорноморськ»
- Морський порт «Южний»
- Річкові порти і порто-пункти: Херсон, Миколаїв, Ізмаїл, Кілія, Рені



Рис. 24. Дороги міжнародного і національного значення, порти, вокзали і станції, що опиняються в прогнозній зоні затоплення

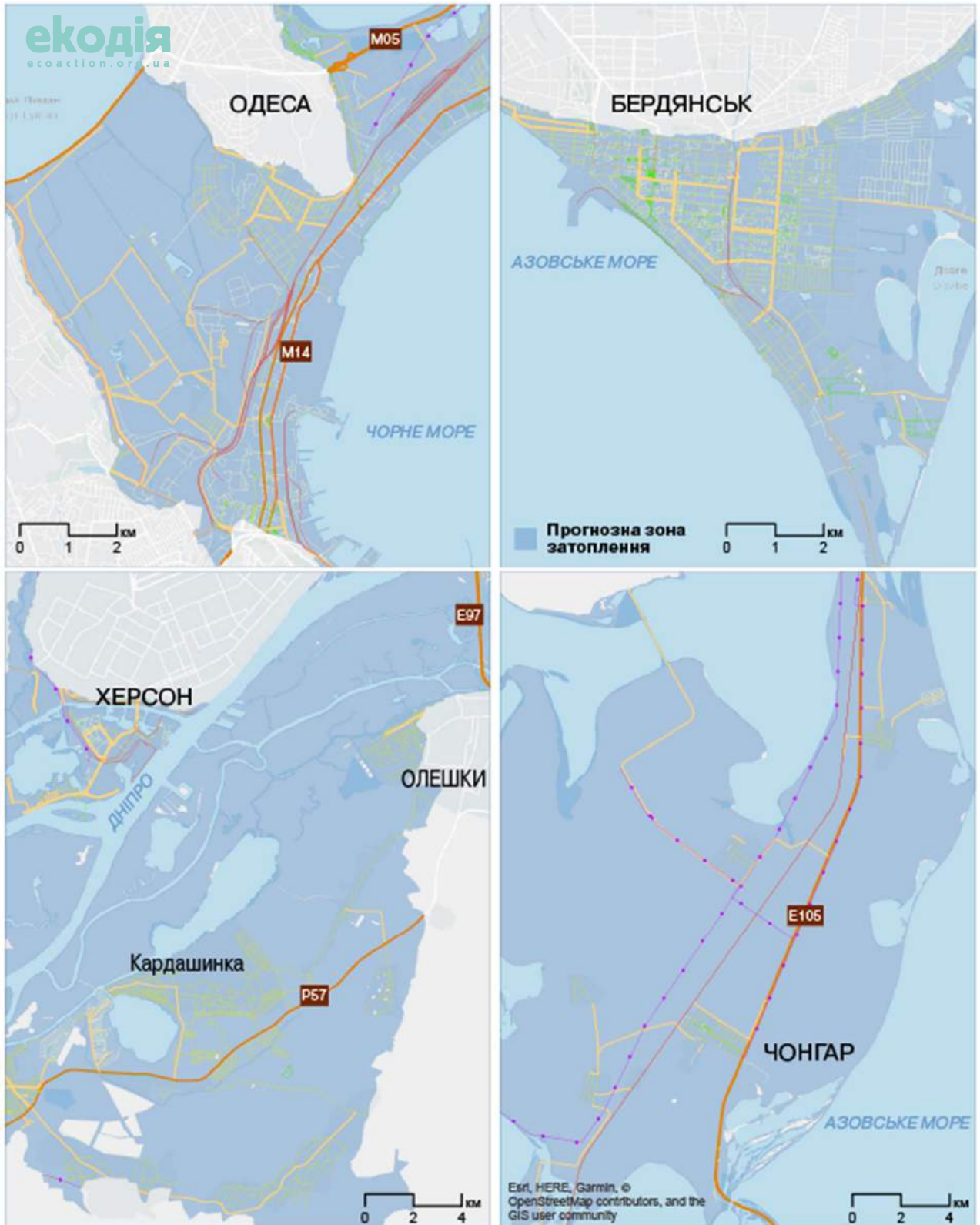
Класи доріг*	Протяжність у зоні затоплення, км	
Дороги міжнародного значення	213,97	217,87***
Дороги міжнародного значення (з'їзди)**	3,9	
Дороги національного та регіонального значення	104,72	104,9
Дороги національного та регіонального значення (з'їзди)	0,18	
Дороги територіального значення	246,85	246,87
Дороги територіального значення (з'їзди)	0,02	
Обласні дороги	594,56	594,72
Обласні дороги (з'їзди)	0,16	
Районні дороги	1125,12	
Протяжність доріг, що з'єднують населені пункти, км		2289,48

Запланована до будівництва дорога	5,58	
Вулиці та проїзди	1656,7	
Під'їзні дороги	1624,34	
Протяжність доріг у населених пунктах, км	3281,04	
Велодоріжки	6,4	
Гоночний трек	2,02	
Доріжки прогулянкові	474,2	
Дороги пішохідні	30,35	
<p>*Всі дороги із твердим покриттям різного типу. Також включені дороги, для яких не визначене покриття ** Протяжність з'їздів доріг окремо від відповідних їм основних доріг *** Червоним=основні дороги+з'їзди</p>		

Залізничні та трамвайні колії у містах

Тип	Протяжність у зоні затоплення, км
Залізнична колія	850,71
Трамвайна колія	57,5
Колії на стадії прокладання	11,3

Автодороги



АВТОДОРОГИ

Державного значення

- міжнародного значення
- національного та регіонального значення
- територіального значення

Місцевого значення

- обласні дороги
- районні дороги
- Проїзди у населених пунктах**
- Вулиці і проїзди
- Під'їзні дороги

Інші

- Велодоріжки
- Доріжки прогулянкові пішохідні

Заплановані

- Дороги, заплановані до будівництва

ЗАЛІЗНИЦІ

- Залізнична колія
- Колії на стадії прокладання
- Трамвайна колія
- **ЛІНІЇ ЕЛЕКТРО-ПЕРЕДАЧ**

Рис. 25. Мережа автодоріг і залізниць, лінії електропередач у зоні затоплення

Лінії електропередач

Тип	Напруга, Вт	Протяжність у зоні затоплення, км
Лінії електропередач	немає даних	128,5
Лінії електропередач	10000	0,06
Лінії електропередач	110000	55,29
Лінії електропередач	150000	57,02
Лінії електропередач	220000	68,44
Лінії електропередач	330000	102,97
Лінії електропередач	35000	282,28
	РАЗОМ	694,56

Запланована інфографіка: Візуалізація збитків для різних видів автодоріг і залізниці за довжиною затоплених ділянок

Інженерна інфраструктура

Тип	Напруга, Вт	Протяжність у зоні затоплення, км
Лінії електропередач	немає даних	226,91
Лінії електропередач	10000	0,06
Лінії електропередач	110000	57,12
Лінії електропередач	150000	61,48
Лінії електропередач	220000	82,41
Лінії електропередач	330000	137
Лінії електропередач	35000	336,37
	РАЗОМ	901,35

Транспортна та інженерна інфраструктура

Протяжність у зоні затоплення

екодія
ecoaction.org.ua

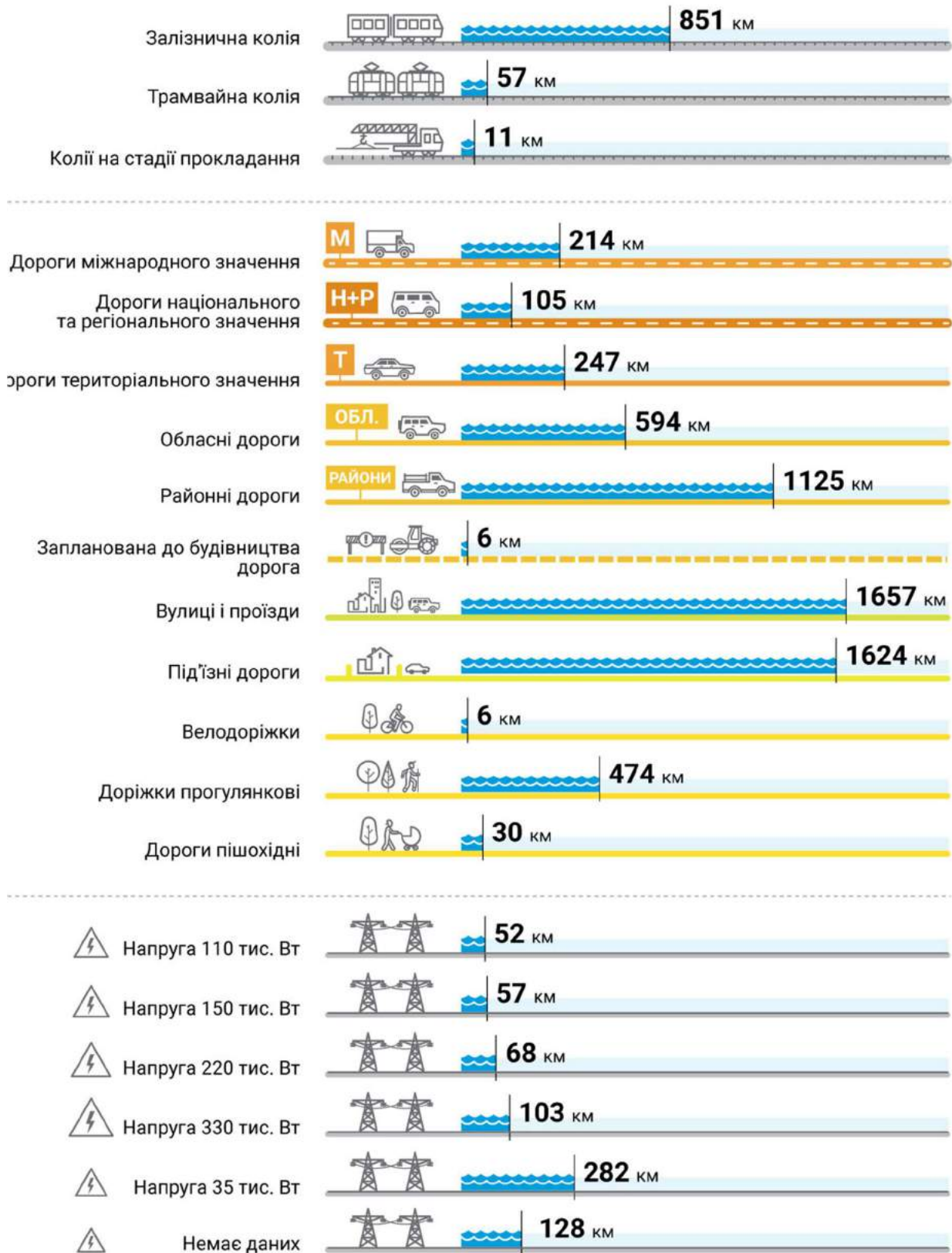


Рис. 26. Протяжність транспортної та інженерної інфраструктури у зоні затоплення

4.4. ГОСПОДАРСТВО

Господарство Південних областей зазнає суттєвих втрат і збитків. Так, затоплені будуть орієнтовно 200 тис. га сільськогосподарських земель і більше 40 тис. га земель лісового фонду; майже 10 тис. га виробничих територій із 1917 будівлями комерційного та виробничого призначення.

Під загрозою затоплення Північно-Кримський канал. До зони затоплення потрапляють, зокрема, Чорноморський суднобудівельний завод, Феодосійський судномеханічний завод, Суднобудівний завод "Залив", Сталепрокатний завод ім. Держинського, Металургійний комбінат "Азовсталь" та інші.

Сільське та лісове господарство



Рис. 27. Структура територій сільськогосподарського і лісового використання, що потрапляють у зону затоплення (га)

Промисловість

Промислові об'єкти - 1917 виробничих будівель

Промислові зони (за класом об'єктів – LandUse) - 9275 га

Найбільші підприємства, що потрапляють у зону затоплення:

- Чорноморський суднобудівельний завод
- Феодосійський судномеханічний завод
- Суднобудівний завод "Залив"
- Судноремонтний завод «Україна»
- Суднобудівний завод «Океан»
- Суднобудівний завод «Нібулон»
- Сталепрокатний завод ім. Держинського
- Одеський судоремонтний завод
- Металургійний комбінат "Азовсталь"
- Ізмаїльський судноремонтний завод
- Херсонський суднобудівний завод

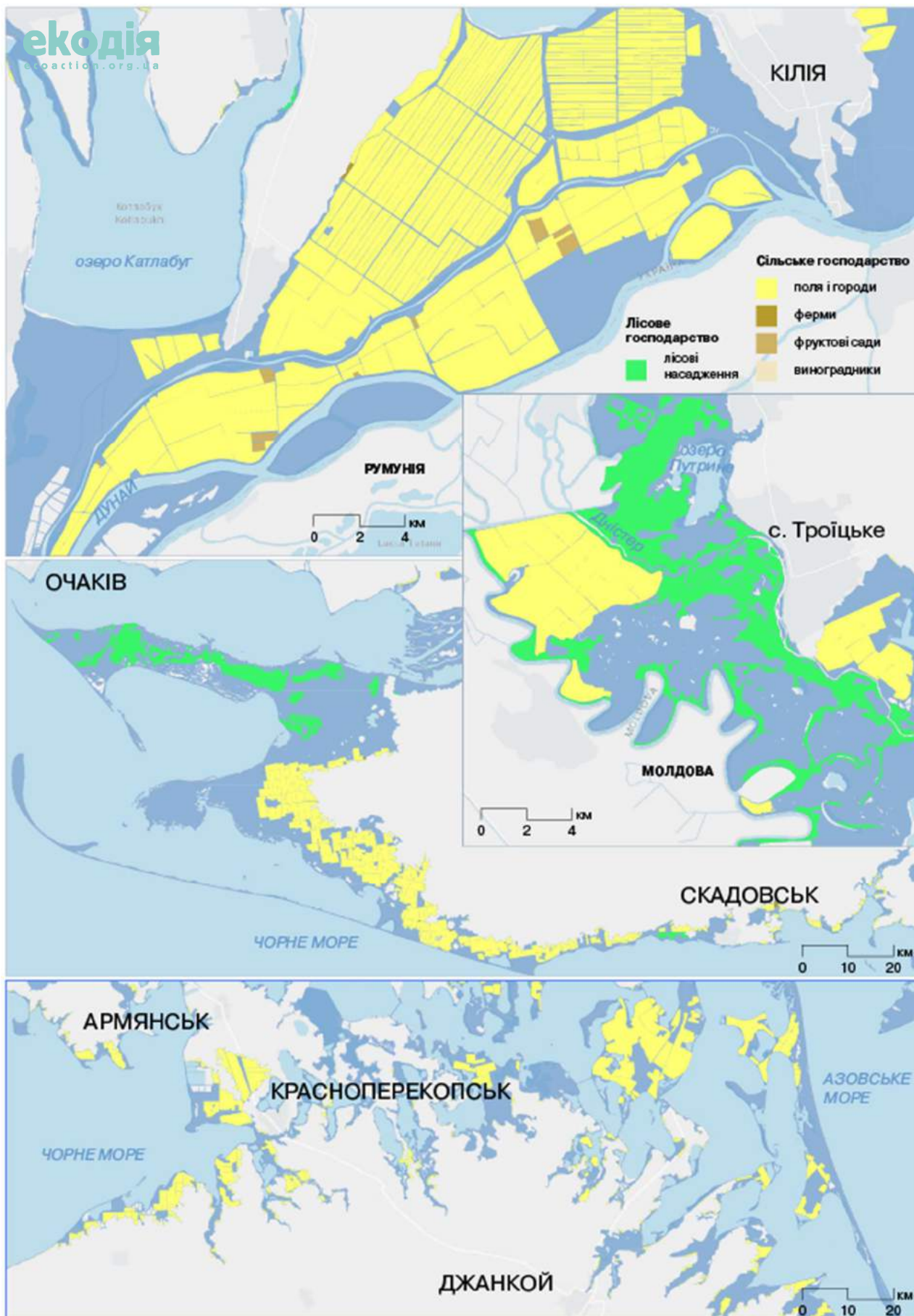


Рис. 28. Сільське і лісове господарство

Промисловість

Структура виробничих і комерційних територій, що потрапляють у зону затоплення, ГА

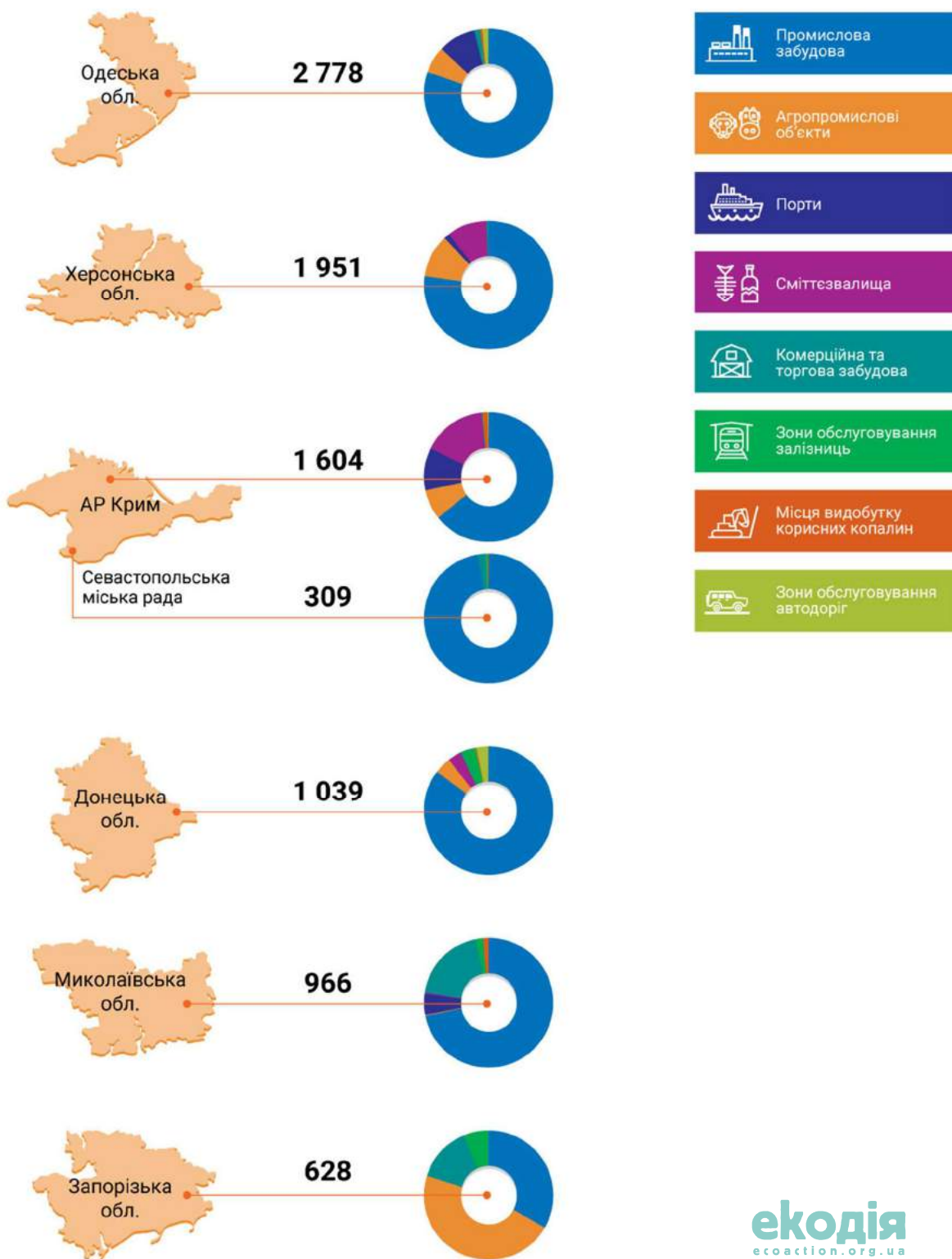


Рис. 29. Структура виробничих і комерційних територій, що потрапляють у зону затоплення (га)

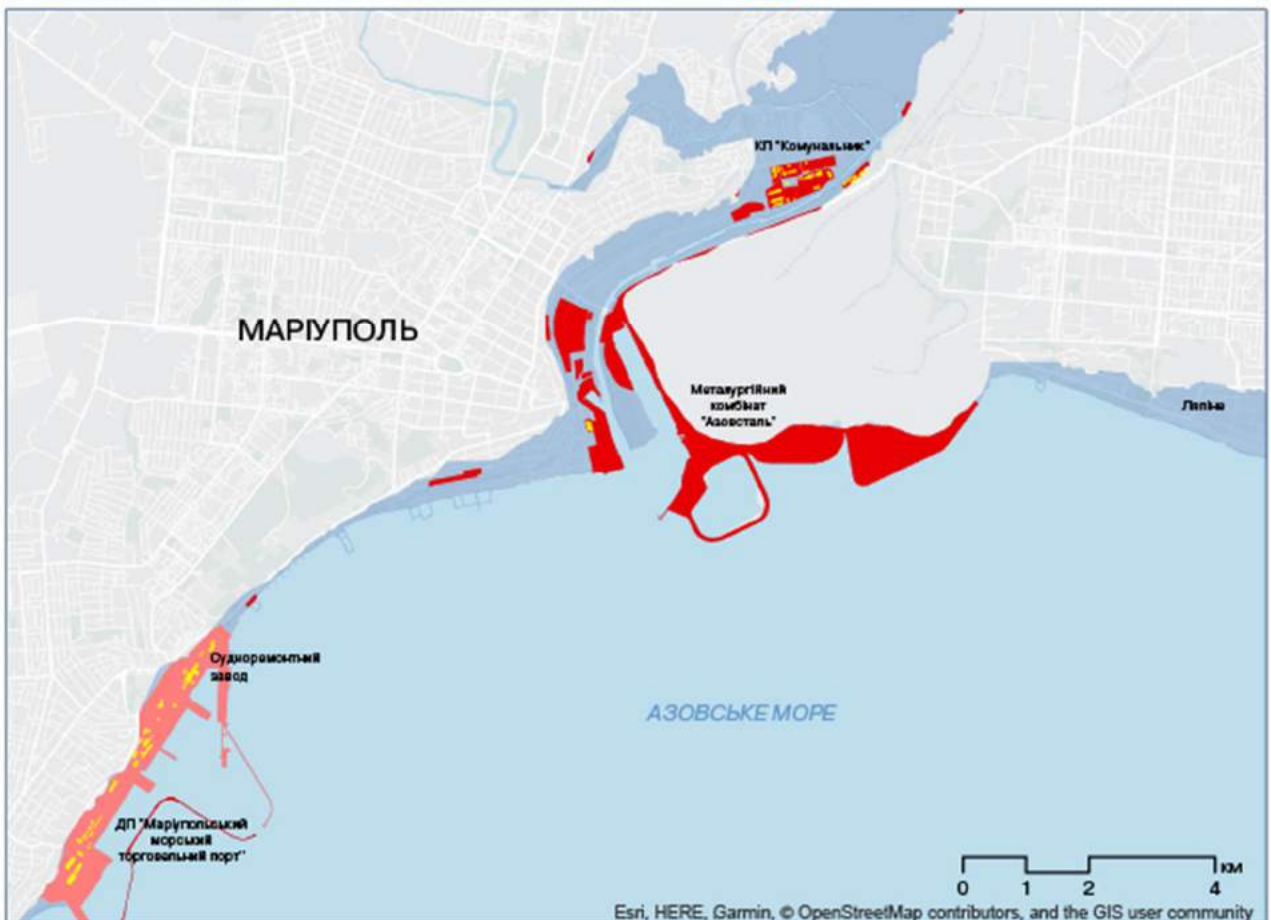
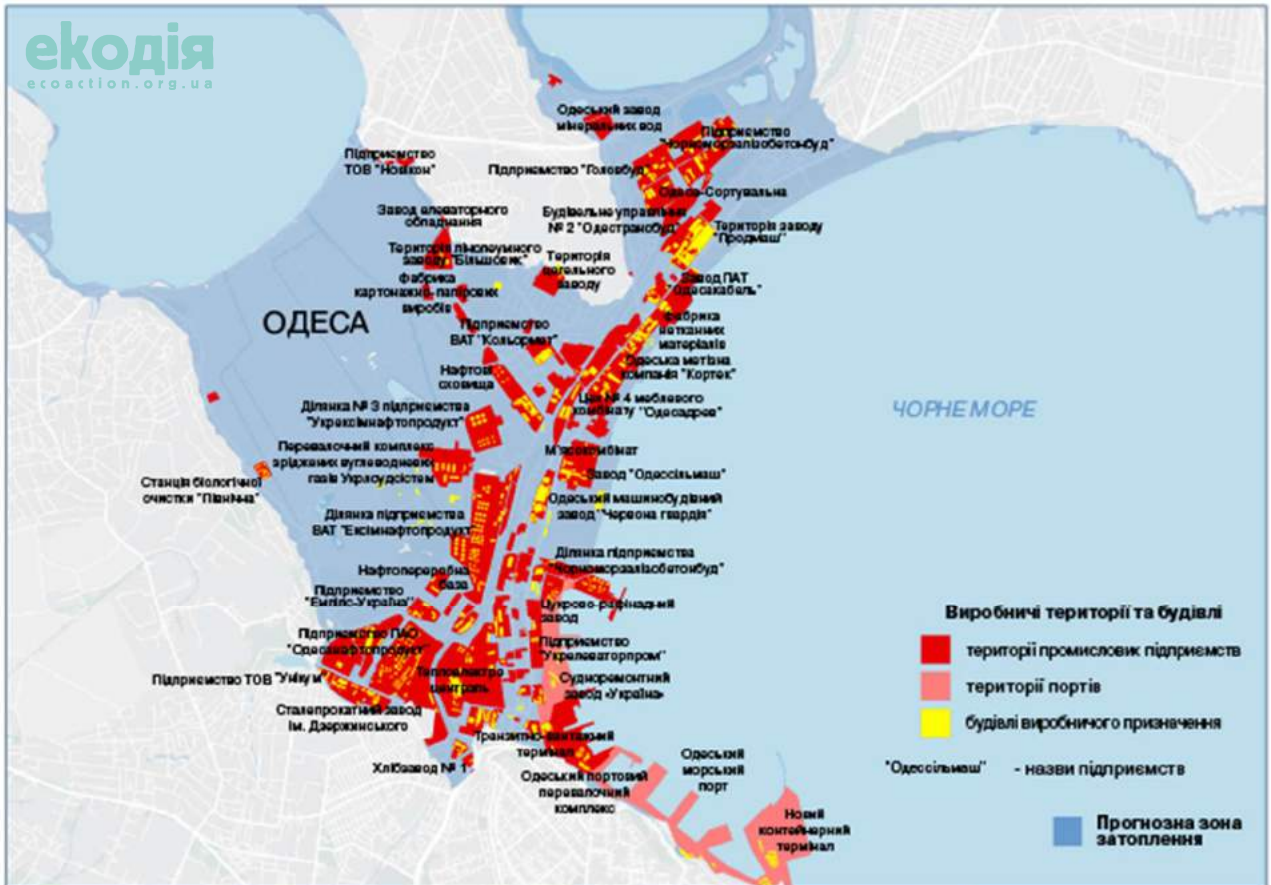


Рис.30. Промисловість у зоні затоплення

4.5. ТУРИЗМ І ВІДПОЧИНОК

Туризм є важливою галуззю економіки України. Узбережжя Чорного та Азовського морів завжди були одними з найбільш привабливих регіонів для туристів як з України, так і з-за кордону. Тут є умови для розвитку рекреаційно-оздоровчого, спортивного, екологічного та багатьох інших видів відпочинку. Для багатьох приморських міст саме сфера туристичних послуг створює робочі місця та є найважливішим джерелом доходу.

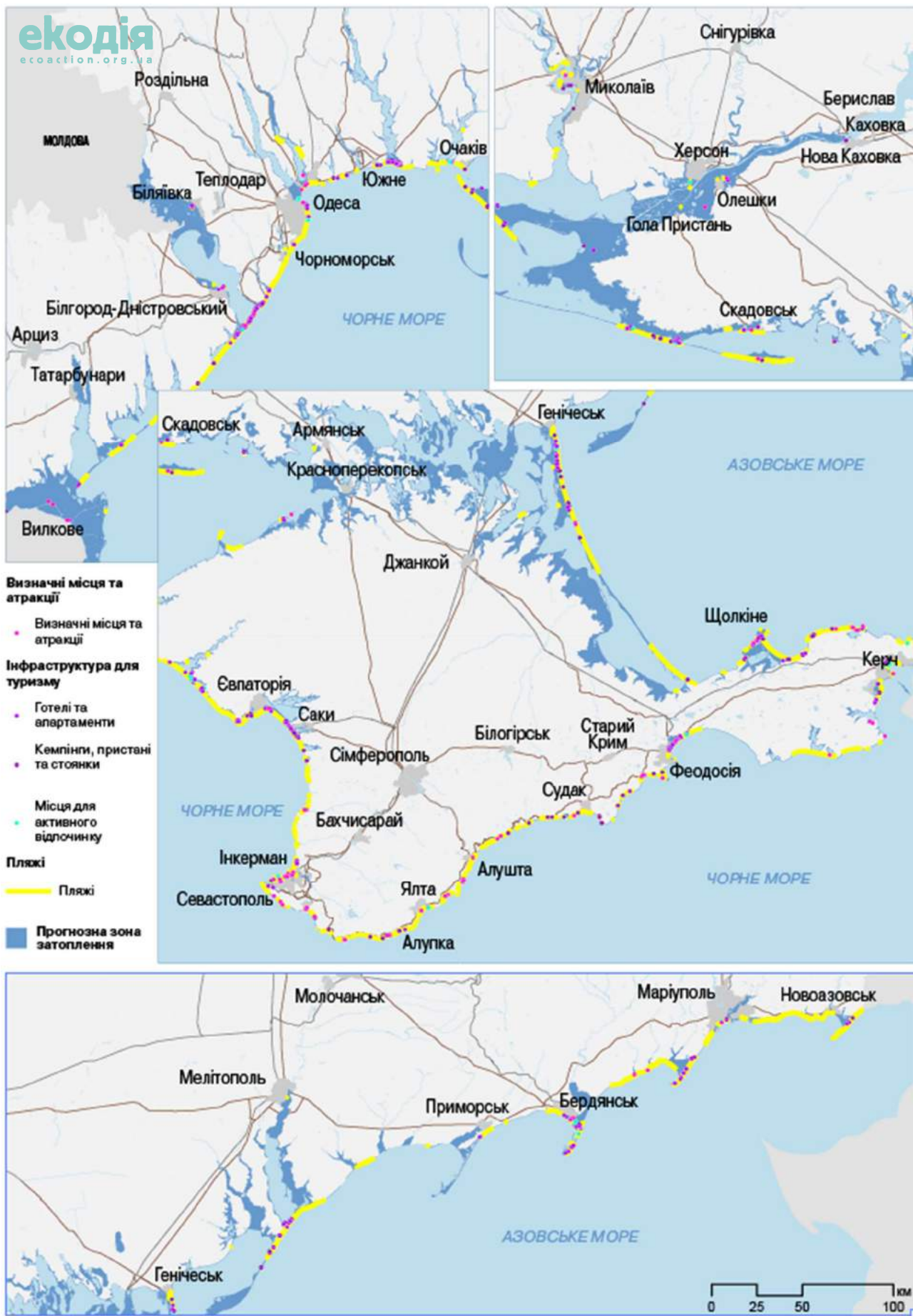
Берегова зона моря, з одного боку, є найбільш привабливою для туристів, а з іншого - саме тут розташовані райони, вразливі до підняття рівня моря внаслідок зміни клімату. Зокрема, у зоні затоплення частково або повністю можуть опинитися такі **популярні морські курорти** як Затока, Коблево, Залізний порт, Скадовськ, Кирилівка, Бердянськ, Лазурне, Міжводне, Чорноморське, Саки, Щолкіне й інші.

До прогнозованої зони затоплення потрапляють 85 об'єктів, що становлять значний інтерес для туристів, а також 678 об'єктів інфраструктури для відпочинку та туризму (у тому числі - 298 готелів).



Окрім того, важливою складовою туристичного потенціалу в Україні є історико-культурна спадщина. Зокрема, непоправною втратою буде затоплення археологічної пам'ятки «Херсонес Таврійський» (АР Крим), що заснований понад дві тисячі років тому, а наразі внесений до переліку Світової спадщини ЮНЕСКО. До прогнозованої зони затоплення також потрапляють залишки грецьких античних городищ Калос-Лімен (Чорноморський район, АР Крим), Мірмекій (м. Керч, АР Крим), найдавнішого у Північному Причорномор'ї давньогрецького поселення Борисфеніда на острові Березань (Миколаївська обл.) тощо.

Інфраструктура для відпочинку і туризму у зоні затоплення		Визначні та привабливі для туристів місця у зоні затоплення		
Всього об'єктів:	678	Всього об'єктів:	85	
				Визначні місця: 17
апартаменти	4			Олешківська Січ (Дзвін)
будинки для оренди	6	Зоопарки	4	Скельний хаосТузлух
водні парки	1	Музеї	5	150-річний платан
гостьові будинки	167	Тематичні парки	6	Костишинський грязьовий вулкан
готелі	298	Точки огляду	45	Лебедині острови
дитячі майданчики	32	Художні інсталяції	8	Скеля Шаляпина
кемпінги	73			Чонгелекський грязьовий вулкан
курорти	5			Малий тунельний грот
мотелі	15			Чаша Кохання
місця для відпочинку на природі	23			Грот Діани
місця для паркування і ночівлі	19			Храм-часовня
місця для певного виду спорту	4			Колокол
облаштовані пляжі	1			Пляж з видом на Херсонес
пристані	12			Храм Різдва Пресвятої Богородиці
спортивні центри	11			Виставка якорів
хостели	7			



4.6. ПРИРОДА, ЛАНДШАФТ І ЕКОЛОГІЯ

Екологічно небезпечні об'єкти

Серед об'єктів, що потрапляють у прогнозовану зону затоплення, окремо треба виділити екологічно небезпечні об'єкти. До цієї категорії віднесені промислові майданчики, сміттєзвалища, очисні споруди, кладовища, військові бази і полігони, підтоплення яких може призвести до потрапляння в морські води забруднюючих речовин і погіршити екологічний стан прилеглої території.

З найбільш небезпечних об'єктів у зону затоплення потрапляють Металургійний комбінат «Азовсталь», що входить у топ-100 забруднювачів довкілля в Україні, кислотовідстійники заводу «Кримський Титан», який вже став причиною екологічної катастрофи на півночі Криму, нафтобази портів тощо.

Екологічно небезпечні об'єкти	Кількість
Загалом	626
Очисні споруди	36
військові бази та полігони	85
депо	1
кладовища	59
порти	12
промислові майданчики	455
сміттєзвалища	13



Рис. 32. Екологічно небезпечні об'єкти в зоні затоплення

Ландшафти та об'єкти природно-заповідного фонду (ПЗФ)

Серед природних ландшафтів на особливу увагу заслуговують аквальні ландшафти – водойми та водотоки, які зазнають впливу внаслідок підняття рівня моря. Із найбільш крупних 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 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 угодою⁸⁰. 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 і природних середовищ існування в Європі та потребують особливих заходів з їх охорони та збереження⁸¹.

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.

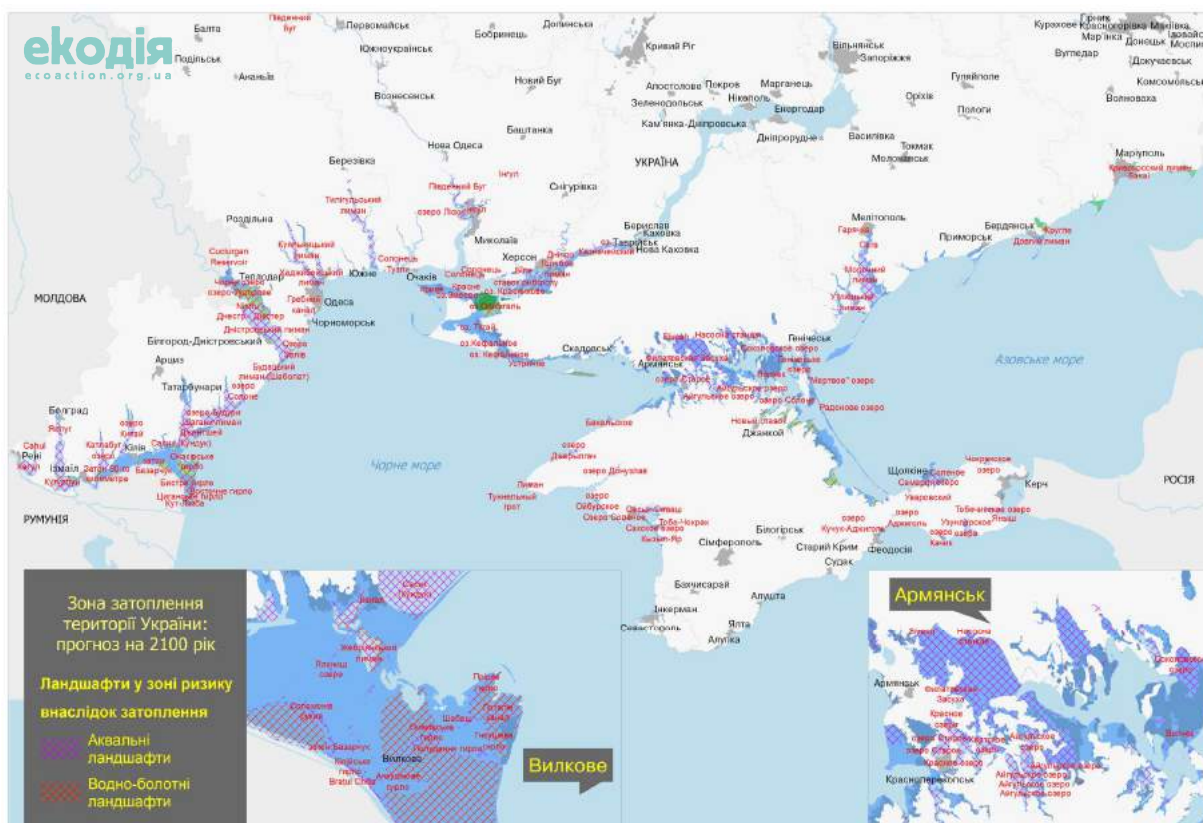


Рис. 32. Водно-болотні угіддя в зоні затоплення

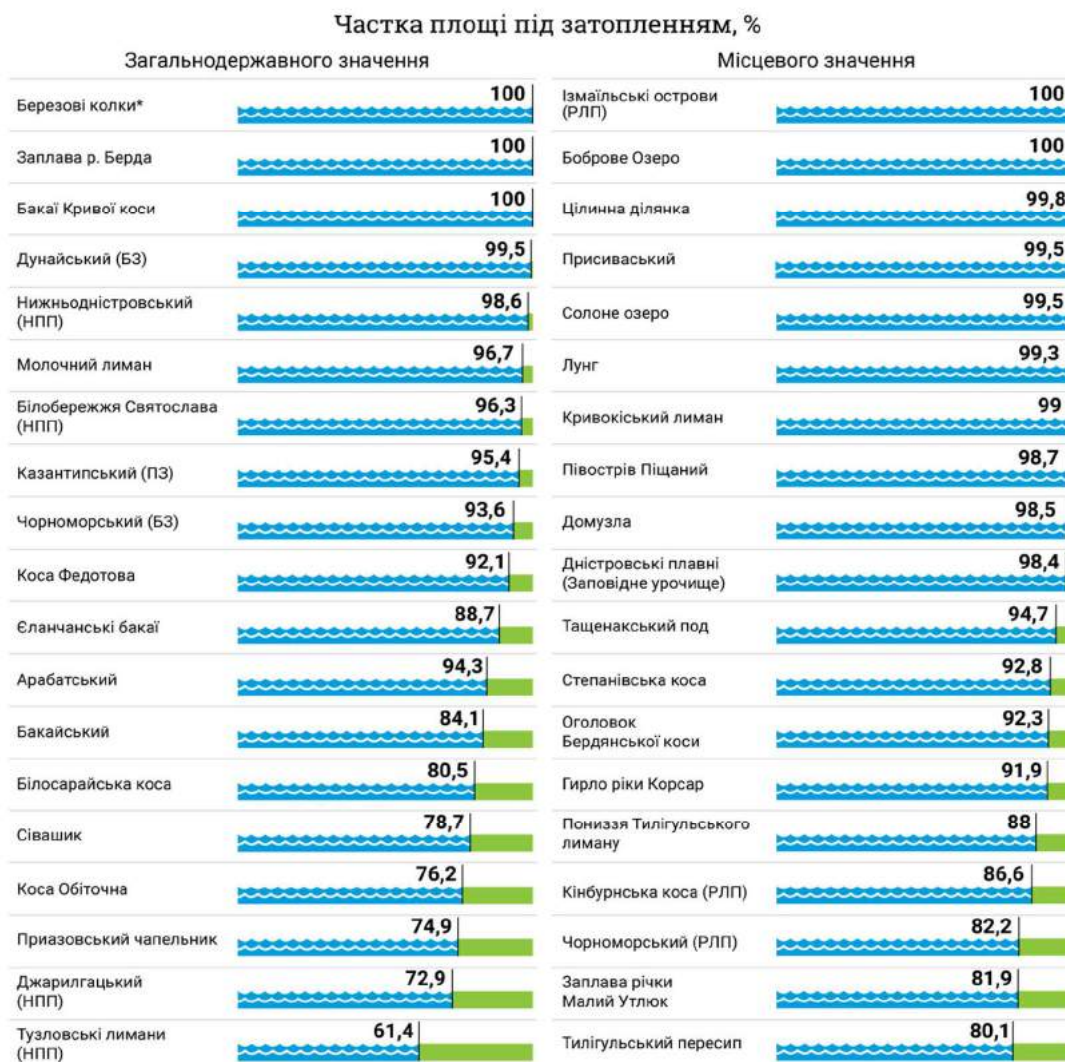
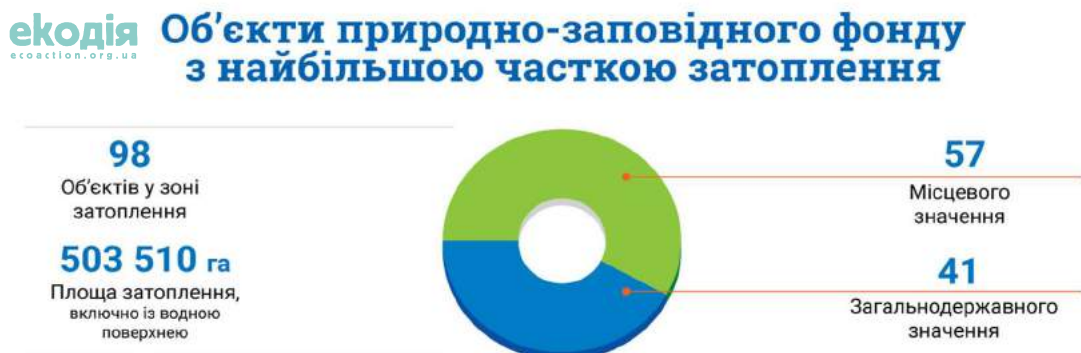
⁸⁰ Водно-болотні угіддя міжнародного значення офіційно визнані Рамсарською конвенцією, <http://pzf.menr.gov.ua/офіційно-визнані-рамсарською-конвенцією.html>

⁸¹ Конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі, http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_032

Адаптації цих екосистем до зміни клімату та підняття рівня моря значною мірою буде перешкоджати антропогенний тиск - неконтрольована рекреація, забудова та сільськогосподарське і промислове використання узбережної зони.

Такий високий рівень біорізноманіття зумовлює велику кількість об'єктів природно-заповідного фонду, що розташовані на узбережжі Чорного й Азовського морів. Більшість із них частково або повністю потрапляють до зони прогнозованого затоплення - загалом **98 об'єктів ПЗФ**, у тому числі, 2 біосферних заповідники, 4 природних заповідники та 7 національних природних парків.

Окремо треба згадати **31 об'єкт Смарагдової мережі** України, що потрапляють до зони можливого затоплення внаслідок підняття рівня моря.



* Заказник, якщо не зазначено інше

ПЗ – природний заповідник
БЗ – біосферний заповідник

НПП – національний природний парк
РЛП – регіональний ландшафтний парк

Рис. 33. Об'єкти природно-заповідного фонду з найбільшою часткою затоплення

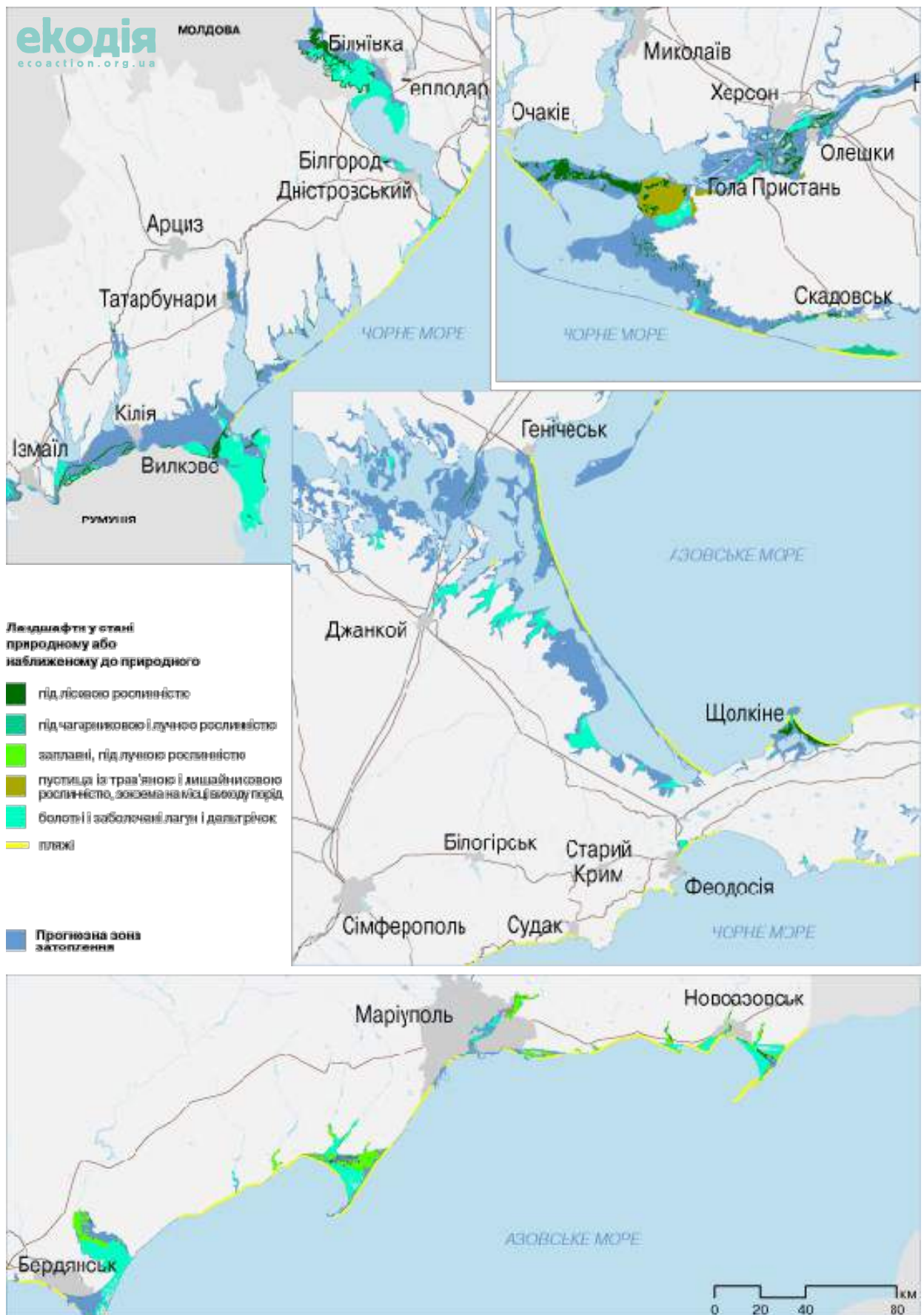


Рис. 34. Ландшафти у стані природному або наближеному до природного

Табл. 4.2. Природно-заповідний фонд - зведена інформація

	Всього об'єктів в зоні затоплення
Об'єктів ПЗФ у зоні затоплення	98
ПЗФ загальнодержавного значення	42
серед них:	
Біосферний заповідник	2
Природний заповідник	4
Національний природний парк	8
Ботанічний сад	1
Заказник	26
Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва	1
ПЗФ місцевого значення	56
серед них:	
Регіональний ландшафтний парк	6
Заповідне урочище	2
Заказник	31
Пам'ятка природи	8
Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва	9
Всього об'єктів ПЗФ локальних (точки)	29
Заказник	20
Пам'ятка природи	8
Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва	1
Об'єкти Смарагдової мережі	31

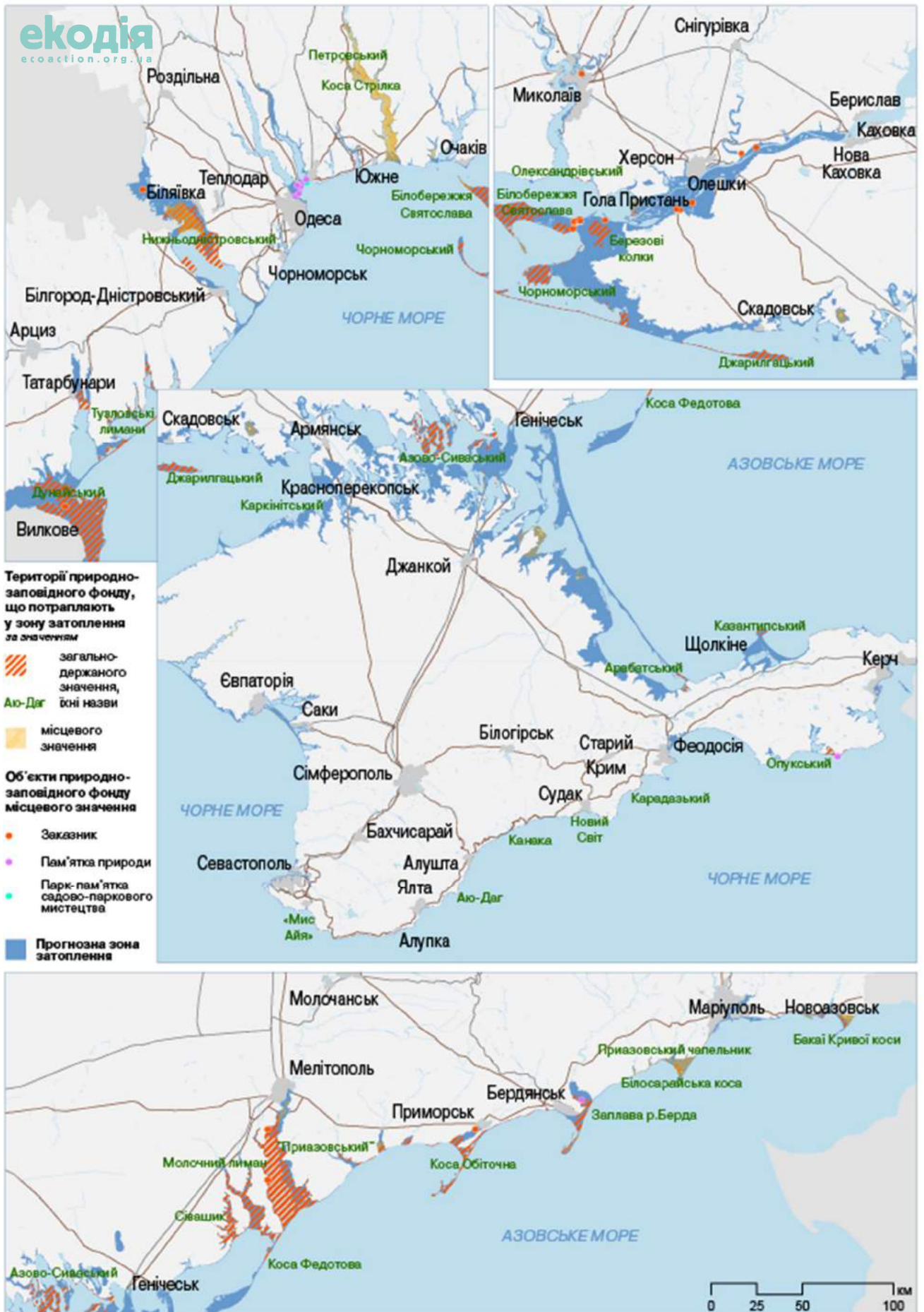


Рис. 35. Вплив підняття рівня моря на природно-заповідний фонд

5. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

5.1 ВИСНОВКИ

Україна, яка омивається Чорним і Азовським морями і має понад 2,5 тисяч кілометрів берегової лінії, не уникне проблем, пов'язаних із підняттям рівня моря через глобальне потепління. Величина підняття рівня моря обумовлюється як глобальними чинниками, такими як потепління та танення льодовиків, так і регіональними особливостями, зокрема, системою водообміну між морями, змінами у кількості опадів і річкового стоку, згінно-нагінними явищами, сучасними вертикальними рухами земної кори.

За умови високих викидів парникових газів в Україні та світі, ustalений рівень води на 2100 рік може встановитися вище на 0,82 метри, ніж зараз. За рахунок нагінних явищ і штормів рівень Чорного й Азовського морів може додатково підніматися майже до 1 метра.

Вадим Юник, СС-ВУ-SA 4.0



Інтенсивного впливу від підняття рівня моря зазнають прибережні території Південних областей України. На 2100 рік, 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), Херсонська область (район між Дніпровським Лиманом і Тендрівською затокою, долина гирлової частини Дніпра) та Одеська область (дельта Дунаю).

Основні наслідки:

35 міст значною мірою будуть затоплені, у тому числі, Одеса, Херсон, Миколаїв, Маріуполь, Бердянськ, Мелітополь, Керч. Із них 6 міст - Вилкове, Гола Пристань, Щолкіне, Седове, Затока, Лазурне - будуть повністю затоплені. Через затоплення та підтоплення населених пунктів близько 110 тисяч людей, у рівній мірі як сільського, так і міського населення, змушені будуть переселитися.

У зоні затоплення опиняться близько 47 000 житлових будинків різного типу. Із соціально значимих будівель будуть підтоплені будівлі 52 шкіл, 4 дитячих садочків, 11 університетів, 13 лікарень, 6 залізничних і 1 автовокзалу.

Практично вся територія кос (Арабатської, Федотової, Обиточної, Середньої та Білосарайської) Азовського моря, а також всі узбережжя лиманів (Будацького, Дніпрово-Бузького, Дністровського,

Куяльницького, Молочного, Сухого, Тилігульського, Хаджибейського) Чорного моря будуть затоплені або опиняться під дією штормових нагонів.

Наявні зараз кам'яні та залізобетонні протихвильові укріплення берегів через підняття рівня зменшать або цілком втратять ефективність, що значною мірою прискорить ерозію відносно високих, заввишки 3 м, ділянок узбережжя, які складені осадовими породами. Ці ділянки, хоча і не опиняться у зоні затоплення, зазнають зростання інтенсивності зсувів, що призведе до руйнації прибережних забудов і інфраструктури.

Такі порушення режиму землекористування в охоронній береговій зоні, як незаконні забудова та ведення сільського господарства значно посилюють загрози від руйнування берегу. Зазначимо, що будівництво в охоронних зонах останніми роками продовжується посиленими темпами.

Збільшення рівня ґрунтових вод зменшить строк експлуатації незатоплених будівель і інфраструктури, вплине на якість вод, що використовують у господарстві та побуті.

Для транспортної інфраструктури будуть втрачені близько 5,5 тис. км доріг із твердим покриттям, у тому числі, 213 км міжнародного значення та 105 км національного значення. У зоні затоплення опиняться 850 км залізничних шляхів. Відчутними будуть втрати для електричних мереж - близько 700 км ліній електропередач будуть порушені.

Значна частина територій морських та річкових портів, а також прилеглих до портів сервісних територій, знаходиться у зоні затоплення. Суттєвого впливу зазнають 7 морських та 4 річкових порта. Всі порти, суднобудівні та судноремонтні заводи зазнають впливу і будуть потребувати реалізації інженерних заходів з адаптації.

Господарство Південних областей зазнає суттєвих втрат і збитків. Так, затоплені будуть орієнтовно 200 тис. га сільськогосподарських земель і більше 40 тис. га земель лісового фонду; майже 10 тис. га виробничих територій із 1917 будівлями комерційного та виробничого призначення. Під загрозою затоплення Північно-Кримський канал.

У зоні затоплення розташовані 660 екологічно небезпечних об'єктів, у тому числі, - 13 сміттєзвалищ і 36 очисних споруд. Окремо слід виділити територію меткомбінату "Азовсталь" - ТОП 100 забруднювачів довкілля в Україні, а також ставки-відстійники Кримського заводу "Титан" поблизу Армянська (Крим), які частково попадають у зону затоплення.

Підняття рівня моря зумовить трансформацію природних ландшафтів через зміну умов зволоження, зміну сольового режиму та температур. Основного удару зазнають цінні для біорізноманіття екосистеми дельти Дунаю та Дніпра. Також впливу зазнають 98 об'єктів природно-заповідного фонду та 31 об'єкт Смарагдової мережі. Зокрема, ландшафти Чорноморського та Дунайського біосферних заповідників практично на 100 % території будуть затоплені морем. Зазнають впливу аквальні ландшафти: зміна їхнього сольового та температурного режиму може призвести до порушення або деградації водних екосистем.

5.2 РЕКОМЕНДАЦІЇ

Результати дослідження показують можливість серйозного впливу на берегову зону України підвищення рівня моря внаслідок зміни клімату. У даній публікації розглядається "песимістичний" сценарій із найбільш критичними наслідками, що відповідає підвищенню температури на +4 °C до 2100 року⁸², а прогнозоване підвищення рівня моря може сягнути майже 1 метра. Такий сценарій є можливим за умови, що темпи викидів парникових газів залишаться на нинішньому рівні і будуть зростати. Однак

⁸² IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

дослідження показують⁸³ - спільні активні дії всіх країн світу ще можуть обмежити зростання глобальної температури Землі у рамках +1,5 °C⁸⁴ і підняття рівня моря буде майже втричі нижчим, ніж за потепління на 4 °C⁸⁵.

Зміна клімату та підняття рівня моря, як її наслідок, - проблеми, які вже зараз вимагають активних дій на всіх рівнях - міжнародному, національному та локальному. Паризька угода, яку Україна ратифікувала 2016 року, говорить про два взаємодоповнюючих напрямки боротьби із глобальним потеплінням: послаблення зміни клімату шляхом скорочення викидів парникових газів (англ. *mitigation*) і адаптацію до кліматичних змін (англ. *adaptation*)⁸⁶.

Перший підхід базується на розробці механізмів скорочення викидів парникових газів у всіх секторах економіки й є першочерговим кроком у боротьбі зі зміною клімату й її наслідками.

Серед політик, які повинні бути визначені Україною у рамках **напряму послаблення зміни клімату (скорочення викидів парникових газів)** необхідно виділити наступні:

- **Постановка амбітної цілі зі скорочення викидів парникових газів, зокрема, висловлення наміру переглянути Національно-визначений внесок (НВВ) до Паризької угоди якнайшвидше.** Поточна ціль України обумовлює можливість зростання викидів майже вдвічі у 2030 році⁸⁷. Водночас відсутні економічні підстави для такої слабкої цілі, адже прийнята урядом Енергостратегія до 2035 року передбачає скорочення викидів на 20 % від рівня 2010 року та скорочення частки вугілля зі збільшенням частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) до 25 %⁸⁸.
- **Прийняття на національному рівні або на регіональних рівнях політики переходу енергетичного сектору на 100 % відновлюваних джерел енергії до 2050 р.**, що дозволить суттєво скоротити викиди парникових газів. Економічна та технічна доцільність такого переходу підтверджена рядом досліджень українських і міжнародних наукових і громадських організацій^{89, 90}, а 2018 року вже 4 українських міста оголосили про внутрішні рішення переходу на 100 % відновлюваної енергетики до 2050 року - Житомир, Чортків, Львів і Кам'янець Подільський
- Збільшення до 1 % загального обсягу виділення бюджетних коштів на підтримку державних і місцевих програм енергоефективності, особливо у житлово-комунальному секторі та продовження реалізації реформи у напрямку посилення **енергоефективності**. Поступове посилення стандартів зі споживання енергії новими будівлями та забезпечення контролю за їх дотриманням.
- **Відмова від субсидування викопних палив якомога скоріше**, натомість - забезпечення постійної державної підтримки на впровадження енергоефективних заходів і розвиток чистих технологій⁹¹.
- Підтримка заходів зі скорочення викидів, які зазначені у **Стратегії низьковуглецевого розвитку**⁹² для сценарію "Енергоефективність, відновлювана енергетика, модернізація та інновації",

⁸³ IPCC, 2018: Special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>

⁸⁴ Millar, R. J. et al. Emission budgets and pathways consistent with limiting warming to 1.5 °C. *Nature Geoscience*, Vol. 10, pp. 741–747 (2017). <http://dx.doi.org/10.1038/NGEO3031>

⁸⁵ Church et al. 2013: Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

⁸⁶ United Nations (2016). Paris Agreement. Paris: United Nations, pp.1-27, https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf

⁸⁷ Intended Nationally-Determined Contribution (INDC) of Ukraine to a New Global Climate Agreement, <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Ukraine%20First/Ukraine%20First%20NDC.pdf>

⁸⁸ Енергетична стратегія України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність" (Розпорядження КМУ від 18 серпня 2017 р. № 605-р), <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/250250456>

⁸⁹ «Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року»/О. Дячук, М. Чепелев, Р. Подолець, Г. Трипольська та ін.; за заг. ред. Ю. Огаренко та О. Алієвої//Пред-во Фонду ім. Г. Бюлля в Україні. – К.: АРТ КНИГА, 2017. – 88 с.

⁹⁰ Michael Child et al. Transition towards a 100% renewable energy system by 2050 for Ukraine. *Energy Procedia* 135 (2017), pp. 410–423, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.513>

⁹¹ IEA: Energy Subsidies, <https://www.iea.org/statistics/resources/energysubsidies/>

⁹² Ukraine 2050 Low Emission Development Strategy, https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Ukraine_LEDS_en.pdf

трансформація ринку та інституцій”, що дозволить скоротити викиди у 2030 році на 71 % від рівня 1990 року.

- Запровадження **ринкових механізмів скорочення викидів парникових газів** (Системи торгівлі викидами (СТВ - для великих забруднювачів) і/або Вуглецевого податку (ВП - для інших категорій забруднювачів) із забезпеченням цільового використання накопичених бюджетних коштів на заходи зі зниження викидів парникових газів). Обидва інструменти мають втілюватися паралельно та, обов'язково, - узгоджено між собою⁹³. Необхідно **підняти розмір ставки вуглецевого податку**⁸⁵, який має стимулювати промислові підприємства до зменшення викидів.
- Запровадження диференційованого податку на викиди парникових газів від приватних автомобілів із метою стягнення коштів із забруднювачів і сприяння купівлі авто з середнім і низьким рівнем викидів парникових газів;
- Збільшення виділення коштів державного та місцевого бюджетів на розвиток громадського транспорту та велоінфраструктури;
- Забезпечення **підготовки кадрів**, які зможуть працювати у новій системі стимулювання скорочення викидів, а також у галузях енергоефективності, відновлюваної енергетики та дотичних галузей економіки.
- Україна має **активно та публічно брати участь у міжнародному переговорному процесі щодо зміни клімату**⁹⁴. Будучи однією з перших країн, які ратифікували Паризьку угоду, Україна могла би демонструвати кліматичне лідерство і надалі, спонукаючи інші країни встановлювати більш амбітні цілі зі скорочення викидів і заохочувати міжнародну співпрацю задля боротьби зі зміною клімату.
- На локальному рівні - **розробка та реалізація місцевих планів зі скорочення викидів парникових газів**. Зокрема, одним із механізмів може бути заохочення міст до активної участі в ініціативі Угоди мерів, підписанти якої розробляють План дій зі сталого енергетичного розвитку та клімату (ПДСЕРК), який містить заплановані заходи та дії щодо зниження викидів CO₂ щонайменше на 40 % до 2030 року⁹⁵.

Вищеперераховані заходи дозволять знизити викиди парникових газів, однак питання **адаптації до зміни клімату** є не менш актуальним. Рекомендації спрямовані, перш за все, на актуалізацію цього питання та підготовку до планування робіт із дослідження й адаптації як на державному, так і на регіональному рівнях.

На національному рівні:

- Розробити національну **Стратегію адаптації до зміни клімату прибережних зон**, де врахувати прогнози підняття рівня моря для України, можливі наслідки та розробити План дій з адаптації прибережної території України.
- Розробити **секторальні стратегії адаптації відповідних галузей** (промисловості, сільського господарства, туризму й ін.) до прогнозованих наслідків підвищення рівня морів.
- Розробити чіткий план виконання Пункту 3.6 Плану заходів з реалізації **Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року**⁹⁶: “забезпечення планування будівництва та реконструкції об'єктів цивільного і промислового призначення, інженерно-транспортної інфраструктури у прибережних територіях Чорного та Азовського морів з урахуванням прогнозних карт можливого їх затоплення за різних сценаріїв підйому рівня Світового океану”.

⁹³ Заява Української кліматичної мережі та партнерів/ок з приводу реформи оподаткування викидів CO₂, <http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2018/03/zayava-schodo-podatku.pdf>

⁹⁴ Заява УКУМ з приводу 23 сесії міжнародних кліматичних переговорів COP23 у Бонні, <http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2007/02/zayavaCOP23.pdf>

⁹⁵ Національний звіт за наслідками оцінки Планів дій сталого енергетичного розвитку, <http://budgetaz.in.ua/sites/default/files/Zvit-pro-analiz.pdf>

⁹⁶ План заходів з реалізації Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року, <https://menr.gov.ua/news/31474.html>

- Виконати апроксимацію пов'язаних норм до норм ЄС: Україна згідно Угоди про асоціацію з ЄС⁹⁷ взяла на себе зобов'язання формувати державну політику щодо охорони морського середовища на європейських засадах. Зокрема, врахувати питання підняття рівня моря при розробці національної **Морської стратегії** як частину роботи з імплементації Рамкової Директиви Європейського Союзу про Морську Стратегію⁹⁸.
- Розробити механізми резервування та вилучення земель під відновлення природних екосистем у прибережній зоні моря.
- Виділяти державні кошти на більш деталізовані **дослідження прогнозування змін рівня моря** на основі більш точних ландшафтних карт для морських узбереж. Забезпечити періодичне оновлення цього прогнозу, використовуючи оновлені міжнародні та локальні дані, моделі, інструменти. Надати результати до зручного вільного доступу.
- Створити (призначити?) **спеціалізовану наукову установу**, яка буде проводити цілеспрямовані дослідження у галузі прогнозування гідрометеорологічного й екологічного стану Чорного й Азовського морів, фізичної океанографії й екології морських і річкових систем методами моделювання, а також представляти інтереси України у міжнародних наукових програмах.
- **Створити детальну цифрову модель рельєфу (ЦМР)** для районів, які знаходяться у зоні потенційного затоплення. Надати вільний доступ до даних. **Оновити цифрові моделі місцевості (ЦММ)** для районів у зоні потенційного затоплення і підтримувати в актуальному стані.
- Підвищити **обізнаність фахівців державного апарату**, причетних до прийняття рішень із планування розвитку регіонів, про можливі ризики у зв'язку із підвищенням рівня моря.
- Забезпечити **висвітлення ризиків у навчальних програмах** вищих навчальних закладів для відповідних спеціальностей.
- Провести **засідання Міжвідомчої комісії з питань імплементації** Рамкової конвенції ООН про зміну клімату із презентацією результатів дослідження.

На регіональному рівні:

- Виконувати **дослідження та прогнозування змін рівня моря для морського узбережжя у межах регіону**, з урахуванням локальних факторів, таких як особливості геоморфологічної будови, поверхневого стоку, бар'єрів, мікроклімату тощо. Періодично оновлювати прогноз. При оновленні прогнозу використовувати оновлені міжнародні та локальні дані, моделі, інструменти. Надавати результати у вільний доступ.
- Врахувати ризики, спричинені підняттям рівня моря, у **просторовому плануванні при розробленні проектних планів** розвитку територій областей, районів чи об'єднаних територіальних громад (ОТГ).
- **Підвищити обізнаність** щодо можливих ризиків фахівців регіональних адміністрацій, причетних до прийняття рішень із планування розвитку. **Впровадити процес інформування** щодо ризиків відвідувачів музеїв і національних парків у рамках дії постійних програм, експозицій, маршрутів. Підвищити **обізнаність журналістів** щодо можливих ризиків і забезпечити висвітлення ризиків під час освітніх і інформаційних регіональних заходів, у державних і громадських регіональних ЗМІ.

⁹⁷ УГОДА ПРО АСОЦІАЦІЮ між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом..., http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011

⁹⁸ Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0056>