

# Ризики та загрози господарській діяльності під час засвоєння ресурсів у береговій зоні морів

Юрій Д. Шуйський , Галина В. Вихованець , Лілія В. Гижко 

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

## Реферат

В статті розглядаються та систематизуються найбільш важливі ризики та загрози, що супроводжують економічне засвоєння природних ресурсів берегової зони морів. Це потрібно для підсилення боротьби з природними та штучними процесами, які впливають негативно на стан берегової зони і високу якість берегового середовища. Це питання було завжди актуальним, але в берегознавстві на цю тему немає жодної спеціальної роботи. Для досягнення мети цієї роботи були вирішені наступні завдання: а) основні поняття та визначення в тексті статті; б) визначити ризики та загрози в береговій зоні; в) показати значення ризиків і загроз у береговій зоні морів; г) виконати аналіз кожного з ризиків та загроз. Нами розглянуто та проаналізовано 10 найбільш важливих ризиків та загроз, і вказані шляхи і засоби їх подолання. Кожна з них відрізняється від всіх інших в межах того чи іншого моря за походженням, балансом наносів, біогенними та гідрохімічними рисами, морфологією та динамікою тощо, які включаються в антропогенне засвоєння. Тому антропогенний вплив та небезпечні природні умови створюють різні типи ризиків та загроз для природи берегової зони, з одного боку, а з іншого — для господарських об'єктів і будівель. Критичний розгляд матеріалів досліджень зроблених на прикладі берегової зони Чорного та Азовського морів (приклади на інших морях узяті для співставлень). Він показав можливість визначити десять найбільш важливих в процесі засвоєння природних ресурсів у береговій зоні та виконати відповідне природне обґрунтування. Їх аналіз показав, що найбільш важливі та небезпечні ризики пов'язані із порушенням балансу наносів, з відсутністю даних про довгострокову динаміку абразійного та акумулятивного берегу, недооцінкою процесів взаємодії надводної та підводної частин берегової зони, з невдалим застосуванням гідротехнічних споруд, які не гармоніюють із береговим довкіллям конкретної літодинамічної чарунки. Найбільше ефективним виявилось урахування певної сукупності ризиків і загроз, в межах різних літодинамічних систем, з різними фізико-географічними умовами, з різною метою та завданнями для природного обґрунтування того чи іншого проектування в береговій зоні моря. В цій сукупності кожний тип ризику (загрози) є індивідуальним, що потребує ретельно повнокровного дослідження в польових і камеральних умовах, з фізичним моделюванням.

## Ключові слова

Берегова зона, природні ресурси, ризики, загрози, берегова система, вплив природних та антропогенних факторів, типізація, значення

Надійшла до редакції: 26 квітня 2021 / Прийнята: 26 липня 2021

## Risks and threats of economic activity during resource development within coastal zone of seas

Yuriy D. Shuisky, Galina V. Vykhovanetz, Liliya V. Gyzhko

*Mechnikov's National University of Odessa, 2, Dvoryanskaya Str., Odessa, 65082, Ukraine*

## Abstract

The article discusses and systematizes the most important risks associated with the economic assimilation of natural resources of the coastal zone of the seas. This is necessary to strengthen the fight against negative natural and artificial processes that negatively affect the state of the coastal zone and the high quality of the coastal environment. This question has always been relevant, but there is not a single special work on this topic in Coastal Studies. To achieve the goal of this work, the following tasks were solved: a) adopt the basic concepts and definitions in the text of the article; b) identify risks in the coastal zone, as opposed to risks on land; c) type risks in the coastal zone of the seas; d) analyze each of the risks. We have reviewed and analyzed the 10 most important risks and indicated ways and means to overcome them. Each differs from all the others within a particular sea in origin, geological structure, sediment balance, biogenic and hydrochemical features, morphology and dynamics. Therefore, anthropogenic impact and natural hazards create different types of risks and threats to the nature of the coastal zone, on the one hand, and on the other — for economic objects and buildings. A critical review of research materials in the coastal zone of the Black and Azov seas (examples on other seas are taken for comparison) showed the ability to identify the ten most important risks in the process of assimilation of Natural Resources in the coastal zone and perform an appropriate natural justification. Their analysis showed that the most important and dangerous risks are associated with a violation of the balance of sediments, with the lack of data on the long-term dynamics of the abrasive and accumulative Coast, underestimation of the interaction processes of the surface and underwater parts of the coastal zone, with the unsuccessful use of hydraulic structures that do not harmonize with the coastal environment of a particular lithodynamic cell. It was most effective to take into account a certain set of risks and threats, within different lithodynamic systems, with different physical and geographical conditions, with different goals and objectives for the natural justification of a particular design in the coastal zone of the sea. In this aggregate, each type of risk (threat).

## Keywords

Coastal zone, natural resource, risk, threat, shore system, impact by natural and anthropogenous factors, tipization, significance

Received: 26 April 2021 / Accepted: 26 July 2021

## 1. Вступ

Абразійні та розмивні береги різного типу в Світовому океані займають майже 65% від загальної їх довжини, за визначенням Ю. Д. Шуйського. Вони представлені переважно абразійно-звальними та абразійно-зсувними кліфами, баррами, пересипами, косами, береговими терасами, які розмиваються, різними типами бенчів на підводному схилі. При цьому більшістю проектно-пошукових організацій в різних державах часто ігноруються закономірності розвитку абразійних та акумулятивних форм рельєфу, що призводить до шкідливого впливу на ресурси берегової зони морів. З часом спроби природокористування були досконалішими і все більш корисними, ефективними. Але, природа берегової зони приносила нові «сюрпризи», а в більшості випадків вона перемагала, і руйнівні процеси під час використання природних ресурсів перемагали. Сьогодні названа ситуація стала гостро актуальною у різних приморських країнах. Досвід місцевих жителів та пошукових установ протягом минулих десятиліть спостережень природи, досить часто ігнорується або враховується лише частково. Тому виникла необхідність спеціальних досліджень, отримання нової наукової інформації. Але до цього часу конкретні ризики (загрози) ще не були визначені і не виконувався їх спеціальний аналіз.

Протягом другої половини ХХ століття і перших років ХХІ століття лавинно посилилася привабливість берегів Світового океану для будівництва житла і рекреаційно-туристичних закладів під впливом інтенсивного підвищення кількості населення та кліматичної комфортності проживання. Активно стали освоюватися навіть малі острови і атоли Океанії в центральній частині Пацифики. При цьому часто ігнорується або враховується частково досвід місцевих жителів, хоча, буває, і він враховується в повному обсязі, бо місцеве населення, буває, має досвід давнього спостереження природи узбережжя. В таких умовах виникає необхідність виділення та аналізу ризиків природокористування для урахування правил раціонального природокористування в специфічній береговій зоні.

Мета роботи – виявити, розглянути та систематизувати види ризиків і виконати їх аналіз стосовно впливів на динамічну берегову зону морів. Є необхідність для посилення боротьби з негативними руйнівними процесами та оптимізація природокористування. Для досягнення мети цієї роботи були вирішені наступні завдання: а) встановити основні поняття та визначення; б) визначити ризики і загрози в береговій зоні, на відміну від ризиків на суходолі; в) виконати типізацію ризиків у береговій зоні морів; г) виконати аналіз кожного з ризиків.

## 2. Матеріали та методи дослідження

Основними матеріалами цієї статті стали дані, що були наведені представниками різних приморських країн на засіданнях наукових та науково-практичних конференцій,

а також в географічній літературі різних років видання. Також урахувалися численні спостереження авторів даної статті на берегах країн Європи, Азії, Північної Америки, в тому числі на берегах Чорного та Азовського морів. Була приділена увага ключовим назвам і термінам в роботі. Використовувався широкий спектр аналітичних та теоретичних методів дослідження в фізичній географії, фізиці, філософії природи, краєзнавстві. Після польових, лабораторних і математичних описів були застосовані методи синтезу, систематизації, географічного співставлення, аналізу, географічного оцінювання. Особлива увага приділялася прямим описам процесів та об'єктів природної системи берегової зони морів. Як приклади, використовувалися перш за все ділянки берегової зони Чорного та Азовського морів, де природні берегові форми рельєфу були змінені штучними з метою будівництва морських портів, населених пунктів, берегозахисних споруд, наземних та підводних кар'єрів тощо. На піщаних пересипах кожні 2–4 роки виконувалися інструментальні зйомки на стаціонарних ділянках. Між зйомками проводилися візуальні описи після кожного сильного шторма, в тому числі і взимку. До цього часу, в умовах відсутності державної сітки Берегової служби України, не зважаючи на відповідні ДНіПи, на природних ділянках засвоєння берегових територій використовується методика випробувань та помилок.

Ураховувалися висновки не тільки вітчизняних авторів, але також іноземних, серед яких М. О. Айбулатов і Ю. В. Артюхін (Aybulatov, Artyukhin, 1993), В. П. Зенкович (Zenkovich, 1962), В. І. Бобикіна та В. Л. Болдирєв (Bobykina, Boldyrev, 2008), А. Казенаве та Р. Нерем (Cazenave, Nerem, 2004), Н.-А. Мөрнер (Mörner, 2004), М. Такакаші та Н. Чжао (Takakashi & Zhao, 1997) та інші. В кандидатській дисертації О. Б. Муркалов (Murkalov, 2013) використовував дані, які отримувался протягом 15 років. Він виконував дослідження морфолітогенезу на пересипах, косах та пляжах узбережжя Чорного моря, що суттєво удосконалило модель розподілу наносів на пересипах та розвинуло теорію створення штучних пляжів. Всі вони показали різноманітність загроз і ризиків в береговій зоні та у суміжній частині відкритого океану. В нашій роботі використовувалися принципи комплексності берегового довкілля, синхронності формування всього поперечного профілю пересипу, зв'язку між водами моря та лиману, єдності простору і часу, єдності розвитку берегів та підводного схилу, теоретичні засади фізичної географії.

## 3. Результати дослідження та їх обговорення

Лавинне зростання кількості населення в різних країнах, надмірне, часто – нерегульоване, заселення привабливих берегових територій обумовило господарське, селітебне та побутове заселення морських берегів. Відтак, є ризики зіпсувати високу якість природних ресурсів, з одного боку, а з іншого – загрози втрати берегової території, до руйнування штучних засобів захисту від природних чи штучних явищ, до руйнування будівель і споруд на берегах. Показовими

є саме такі приклади ризикового берегозахисту біля Крижанівки в Одеській затоці, біля курорту Лебедівка (ліман Бурнас), на берегах Євпаторійської затоки та Бердянської коси, в межах Одеського берегозахисного комплексу на південь від мису Ланжерон (Shuisky, 2003) тощо.

### 3.1. Поняття та визначення

В географії однією із найскладніших природних систем вважається берегова зона. Вона розташувалася на контакті між Суходолом та Океаном, тому несе в собі об'єкти та процеси, що притаманні одному та другому видам середовища одночасно. Під впливом їх щільної взаємодії, в умовах високонапруженого енергетичного потенціалу (переважно механічна гідрогенна енергія), з повним спектром діючих компонентів, історично створилося дещо третє, що відрізняється від інших двох середовищ та створює цілком оригінальний неповторний природний комплекс. Він має багато відмінностей, та перш за все – дуже великі швидкості перетворення структури під природним та штучним впливом (Aybulatov, Artyukhin, 1993; Shuisky, 2018, p. 16). Така властивість вимагає вкрай уважної антропогенної діяльності в береговій зоні, бо може створювати наступні реальні ризики та загрози. В спеціальній літературі основна частина матеріалів присвячена аграрним, лісовим, водним, екологічним ризикам, причому, переважно на суходолі, наводиться сенс поняття «ризик» (Koff, 2008). І дуже рідко зустрічаємо наукові праці про ризики в береговій зоні, головним чином – на зсувних та ділянках, які опиняються під впливом штормів. Це визначає провідну мету статті.

Щоби назвати різні типи ризиків (загроз) в береговій зоні морів, якимось систематизувати їх та проаналізувати, треба навести відповідні визначення. В цій роботі *ризиком* освоєння природних ресурсів в береговій зоні морів ми називаємо вірогідну небезпеку, априорним шляхом надії на вдачу і на щасливий фінал, за загально визнаним визначенням. Ризикам попереджують *загрози*, коли риси берегової зони «залякують», в майбутньому обіцяють причинити втрати, ушкодження, руйнування берегів і того, що на березі будеється, за експертним висновком, також за загальним визначенням. Ці визначення були ухвалені учасниками першої в Україні міжнародної наукової конференції за темою «Природні і природно-техногенні ризики у береговій зоні морів» (Aybulatov, Artyukhin, 1993; Koff, 2008; Petrov, Yaroslavtsev, 2008). На конференції більшість доповідей розглядала природні умови, що не притаманні прибережно-морським системам (комплексам), але певна кількість берегових доповідей все ж була представленою. Прикладами можуть бути роботи в межах помірних широт (Bobykina, Boldyrev, 2008; Tjuremina et al., 2008; Shurda, 2008), та М.Н.М. Теофілуса (Theofilus, 2020, p. 9) для меж вологих екваторіальних широт. В цілому, ця конференція відобразила майже всі аспекти проявів природних та природно-техногенних ризиків і загроз в континентальній частині географічної оболонки Землі (Koff, 2008, p. 19).

Наш багаторічний досвід обумовлює необхідність поділу ризиків та загроз перш за все на дві первинні

групи, а саме на: а) пов'язані з природними факторами, процесами та об'єктами; б) пов'язані з антропогенними факторами, процесами та об'єктами. З такого поділу треба починати будь-яке обґрунтування відповідного проекту оцінки земель, організації території, забудови, вживанням різних хімічних матеріалів, особливостей гідрогенних, літодинамічних, морфодинамічних, біогенних рис самої берегової зони моря. Всі інші пункти обґрунтування витікають з довгої низки названих рис. Більш детальну класифікацію вважаємо за необхідне розробляти в майбутньому, коли накопичиться достатня кількість наукових даних. Саме тоді можна буде використовувати цю статтю як теоретичну основу у підготовці берегознавців, геоморфологів і фахівців інженерного спрямування В цій нашій роботі поки що ми називаємо типи ризиків (загроз) та виконуємо їх первинний аналіз за практичним значенням кожного (-ої).

Багато ризиків у береговій зоні моря спричиняють небезпечні погодні явища (Terzijev, 1991). Особливого значення набувають сильні вітри, штормові хвилі, синоптичні коливання рівня води, припливні течії, зсуви, обвали тощо. В місцях переважного живлення наносів біогенними джерелами важливими стають гідрохімічні та біологічні негоразди. Всі вони впливають на морфолого-динамічні та літодинамічні процеси і зміни в береговій зоні під впливом гідрогенної енергії, механічних процесів, нестандартних природних механізмів розвитку берегової зони. Традиційно про ризики засвоєння чи забудови берегової зони морів з відповідними попередженнями говорили В. П. Зенкович (Zenkovich, 1962), Ю. М. Сокольніков (Sokolnikov, 1976), В. В. Хомицький (Khomitskiy, 1983), Ю. Д. Шуйський (Shuisky, 2018) та деякі інші дослідники. Але ніхто не робив спробу спеціально звернутися до цієї теми та проробити її з достатньою детальністю. З часом певний досвід з'явився, окремі негативні наслідки були задокументовані та оцінені, а згодом – стали з'являтися і відповідні публікації.

### 3.2. Досвід класифікації ризиків у береговій зоні морів

Багато дослідників в своїх роботах вживають слова «берегова зона». При цьому вони розуміють їх сенс як заведено, та практично не користуються термінологією з берегознавства, чи із геоморфології морських берегів (Shshenyu, 2008, p. 98; Shurda, 2008, p. 107). Тому насправді вони представляють описи «широких територій», скажемо – адміністративних областей, що межують з морем, чи невизначену «берегову смугу», чи «берегові ландшафти» або «узбережні райони». Подекуди, навіть складно розуміти, що такі автори мають на увазі. Природно, що в таких випадках майже неможливо ними користуватися, бо вони є суто «континентальними», «аеральними», та не урахують риси та механізми розвитку прибережно-морської природної системи, загальну природу берегової зони. Відтак, може порушитися класифікаційна ознака, за генетичними визначеннями. Але вона як раз і має бути застосованою.

Часто мова точиться про ризики, що пов'язані з рідкими природними явищами, наприклад з вулканічними виверженнями, із землетрусами, цунами тощо на морських

узбережжях (Pustovitenko *et al.*, 2008). Всі вони мають ендегенне походження, хоча спричиняють вплив на морському березі, наприклад на берегах Гавайських островів, архіпелагу Тонга, о. Ісландія, о. Хонсю. Разом із потужною дією, вони не пов'язані з екзогенними прибережно-морськими процесами в береговій зоні, з акумулятивними та абразійними механізмами розвитку, з впливом штучних форм рельєфу, скажемо, гідротехнічних споруд. Названі природні явища бувають катастрофічними, руйнівними, але вони не заважають появі та розвитку різних населених пунктів і підприємств. Прикладами можуть бути селища на островах Рюкю (Жовте море), на островах Ява і Лусон, на Малих Антильських островах (Карібське море) тощо. Люди знають про загрози, але все ж оселяються на ділянках дії вулканів, наприклад на о. Мартініка, на о. Реюньон, на о. Ян-Майен, на о. Ломбок, на південному сході о. Минданао. Зауважимо, що такі ризики також мають іншу природу, ніж складна система берегової зони. Тому названі катастрофічні явища не можна включати до класифікацій ризиків в суто береговій зоні морів, відповідно до її академічного визначення (Zenkovich, 1962; Shuisky, 2000).

Берегова зона моря є однією з надскладних природних систем. Тому її дослідження та оцінки ризиків потребують комплексних підходів, з позицій урахування генетичної сукупності факторів, процесів і об'єктів (Shuisky, 2003, 2018). Такі комплексні підходи найчастіше застосовуються на певних територіальних площах, а відтак майже неможливо вживати будь-яку одну класифікаційну ознаку. В цих випадках ризики характеризуються чисельною оцінкою окремих загроз (ризиків), що представлено в дисертаційній роботі М.Н.М. Теофілуса (Theofilus, 2020), присвяченій дослідженням узбережжя Атлантичного океану на південному заході Камеруну в Екваторіальній Африці. Цей автор на прикладі лісового покриву встановив, що найбільша небезпека пов'язана із низовиною, яка є завжди підтопленою, а ліси відчують безперервне ушкодження. Тут ризик оцінюється в  $\geq 100$  балів і є *дуже великим*. Значної шкоди зазнають дуже динамічні руйнівні процеси водної ерозії, денудації, хімічного вивітрювання на поверхні з трав'яним та чагарниковим покривом (особливо на схилах підвищеної крутизни  $> 8^\circ$ ). Їх вплив також є безперервним і оцінюється дослідником як *великий* ризик із 100 - 80 балами. На ділянках розповсюдження сільськогосподарських культур відбуваються суттєві зміни ґрунтового покриву. Вони стосуються динаміки вмісту органічних сполук, зокрема – гумусу, важливих хімічних елементів (кальцію, фосфору, азоту тощо), змиву товщі ґрунту, зокрема на підвищених ухилах схилів, або ж на схилах більшої крутизни. Ризик, що пов'язаний із цими процесами, має 80–50 балів і є *помірно-великим*. Далі М.Н.М. Теофілус називає площі впливу вулканічних явищ. Тут діють виверження вулкану Камерун, причому раз на 10–15 років. До того вплив не є суцільним, а дія обмежена окремими невеликими осередками, в залежності від напрямків та швидкості вітрів. Тому вони оцінюються в 50–10 балів і відносяться до *середніх ризиків*. *Малі ризики* погрожують людям протягом впливу звичайних режимних

«слабких» природних явищ, наприклад, пилових буревіїв та суховіїв, рідкісних вивержень вулкану, коротких дощових злив, набігів сарани чи інших шкідливих істот, тощо.

Відтак, описи ризиків (загроз), що мають місце у береговій зоні, є оригінальними, що відповідають однотипному масштабу прояву в часі та в просторі. Поки що в плані постановки задачі статті, ми ще не можемо скласти їх числові та математичні класифікації у вигляді числових одиниць («балів») в детальному вигляді. Але можемо представити аналіз ризиків (загроз) щодо засвоєння берегової зони на підставі розгляду окремих природних явищ і антропогенних дій. Здійснення цих дій з боку економічної діяльності людей може бути негармонійним у відношенні до суто природних механізмів розвитку прибережно-морського природного комплексу, що порушують режим самовідновлення систем після «стрибків» природних впливів. А це веде до втрати корисних природних властивостей в береговій зоні морів.

### 3.3. Аналіз типів загроз і ризиків в середовищі берегової зони

На берегах будуються причали, житлові будинки, об'єкти інфраструктури. При цьому порушується рельєф, з'являються штучні позитивні і негативні форми, зазвичай зникає або перетворюється рослинність, стають несприятливими умови проживання різних тварин, порушуються властивості підстельної поверхні і режим підземних вод тощо. Основні зміни припадають на надводну частину берегової зони, менше – на підводний схил. Причому, берег може бути повністю відкритим у бік морського горизонту, і засвоєна ділянка берега залишається доступною сильним океанічним хвилям відкритого моря і вітро-хвильовим нагонам води. Така ситуація створює *першу загрозу* для берегів. Вона особливо небезпечна в областях розвитку суворої циклонічної циркуляції в субарктичних та антарктичних широтах океанів.

Ризик *другого типу* представляє забудова та загальне засвоєння берегів, де розвинуті процеси абразійно-обвальні, абразійно-зсувні, термоабразійні, абразійно-денудаційні, процеси інтенсивного хімічного вивітрювання. В даному випадку будівництво селищ, економічних, соціальних і рекреаційних об'єктів слід узгоджувати з швидкостями абразії, розвитком карстових явищ і термічного розрідження берегового схилу (наприклад, рис. 1). Наші предки вважали недоцільним втручатися в природу, яка мешканцям майже не була знайома. Тому діяли за принципом «віддалились від люті природи собі на благо». Старі рибальські селища на абразійних берегах Чорного, Азовського, Каспійського, Адріатичного і інших морів зазвичай розташовувалися на значній відстані від берега, щоби не ризикувати повною руйнацією морського берегу і не підставляти себе під удар стихії чи нерозумної голови. Місцеві жителі знали, що берег руйнується швидко і так же швидко море може дістатися до їх будинків і ангарів для шаланд, фелюг або баркасів, зруйнувати ремонтні пристосування, знищити городи та сади. Тому вони



**Рис. 1.** Типовий береговий зсув витиску в глинистих породах на захід від гирла балки Фонтанська, Одеське (північне) узбережжя Чорного моря. Фото: Л. В. Гишко, 3 червня 2021 р.

**Fig. 1.** Typical shore landslide along clayey cliffs in western direction from the Fontanka dry valley, northern Odessa coast of the Black Sea. Photo: L. Gyzhko, 3 June 2021.

залишали значної ширини смугу суходолу між морем і селищем, фактично – «морю на поживу». Суглинки, супіски, леси, алювіально-дельтові молоді відклади не є радикальною перешкодою для морських хвиль, особливо під час синоптичного короточасного підйому рівня води. На ділянках берега, який складений слабкими породами (гіпсом, доломітом, кам'яною сіллю, вапняками та ін.), що швидко розчиняються, велика кількість карстових порожнеч в корінному березі створювала небезпеку провалів, що примушувало селитися або далеко від берега, або на сприятливіших ділянках. У інших місцях небезпеку представляли зсуви, які зминають схили в окремі блоки, що, зповзаючи, руйнують будь-яку будівлю (рис. 1). І звичайно ж, практично ніколи місцеві приморські жителі не забудовували зсувні схили і не розташовували на них свої сади і городи, як це сьогодні відбувається в незалежній Україні. На численних прикладах доведено (Aybulatov, Artyukhin, 1993; Zenkovich, 1962; Shuisky, 2000), що на глинистих (особливо – лесових) берегах недостатньо повне урахування механізмів абразійних процесів найчастіше призводить до швидкого руйнування також і захисної гідротехнічної споруди. Зазвичай

відповідно відбувається накопичення небезпечного «сміття» на пляжах, яке представлене уламками бетону, цегли, бутового каміння, арматури (рис. 2).

До теперішнього часу у ряді країн державні служби охорони природи і раціонального використання природних ресурсів не мають необхідної фізико-географічної кваліфікації для організації території і трансформації угідь в береговій зоні моря. При цьому берег може бути зіпсованим, засмітненим камінням, що обумовлює третю загрозу природній системі берегової зони. А саме: пануюче в державі законодавство не в змозі об'єктивно оцінити наслідки організації території і її трансформації, особливо при розробці та здійсненні проектів берегозахисту, застосуванні стійких і надійних захисних гідротехнічних споруд, в розрахунках часу їх експлуатації, при визначенні впливу споруд на стан берегової зони, при визначенні поєднань пасивних і активних споруд, а тим більше – організаційних заходів для позбавлення від негативного руйнівного впливу стихії на береги, особливо на ділянках підвищеного сильного впливу штормових хвиль (Petrov, Yaroslavtsev, 2008; Takakashi, Zhao, 1997). Названі державні, буває –



**Рис. 2.** Ця залізобетонна та кам'яна конструкція не тільки не захистила активний кліф від абразії (швидкість відступу 1,2 м/рік). Нерозуміння прибережно-морських процесів з боку проектувальників вивело ділянку берегу із купального та бальнеологічного користування на березі Чорного моря. Фото: Ю. Д. Шуйського, 28 жовтня 2014 р.

**Fig. 2.** This reinforced concrete and stony structure did not protect active clayey cliff from abrasion processes (the average rate of cliff retreat was 1,2 m/year). Misunderstanding of coastal processes by hydrotechnical planners has changed comfortable shore for recreation and rest usage nearest Lütdorf, the Black Sea coast. Photo: Yu. Shuisky, 28 October 2014.



**Рис. 3.** Морська окрайка території міста Бердянськ (узбережжя Азовського моря, Україна). Через 7 років споруда вийшла з ладу, тому що не були враховані підводні ухили, дія криги та хвильові тиски. Фото: А. В. Давидова.

**Fig. 3.** Marine margin of the Berdyansk City territory (the Sea of Azov coast, Ukraine). After 7 years of construction the sea-front quay was destroyed, because nearshore bottom, ice action and wave pressure were not taken into account. Photo: A. Davydov.

приватні, служби найчастіше не знайомі із стратегічними правилами забезпечення абразійно-руйнівної безпеки берегів в процесі їх селітебної і рекреаційної забудови. Проте, ця стратегія відома і досить повно представлена в наукових публікаціях (Sokolnikov, 1976; Khomitskiy, 1983; Shuisky, 2003). Прикладами можуть слугувати неправильно спроектовані, з непрофесійним природним обґрунтуванням і з некваліфікованою експлуатацією споруди на узбережжі Чорного моря в курортному селищі Люстдорф на південь від м. Великий Фонтан (рис. 2) чи на північному березі Азовського моря, на міській території Бердянська (рис. 3).

Після 3–5 років експлуатації ці невідомо на що розраховані штучні монстри перетворюються на купу каміння, уламки бетону і залізобетону з отруйними (хімічними) домішками, в сплетення арматури і товстого дроту на березі і підводному схилі. Причому, вони призводять до повного розмиву пляжів. Такі «пляжі» не лише не захищають береги від руйнування, але просто небезпечні для здоров'я туристів, що купаються і відпочивають на морському березі (рис. 3). Вони є джерелом травматизму, часто – серйозного, і ніяк не сприяють туристичній привабливості подібних ділянок берега.

Четверта загроза завжди виходила від великих поселень, розташованих безпосередньо на деструктивних берегах, коли поселення підпадає під сильний частий вплив надмірного забруднення і не має більш-менш надійного водовідведення при водокористуванні. Такі умови призводять до скидань по трубах або у відкритих каналах («штучних жолобах стоку») використаних побутових або промислових стоків прямо в море. В результаті може виникнути забруднення прилеглої акваторії, що негативно впливає на бальнеологічні ресурси, на стан молюсків – «санітарів моря», на ікру і личинки водних тварин, на

різні види водних рослин. Ця загроза є добре вираженою під додатковим впливом крутих штормових «хвиль розмиву», особливо для пляжів. Руйнування притуплених однохвилових пляжів і вимивання глинистої породи під спорудою дає початок руйнуванню самого берегозахисту (рис. 3, 4), як це відбувається наприклад на західних берегах Кримського півострова, в районах Цемеської бухти, Самсунської затоки, бухти Ереґлі на узбережжі Чорного моря. Особливо великі ризики розповсюдилися на узбережжі із сильним антропогенним впливом на Азовському морі, де досить часто зустрічаються біогенні наноси в складі акумулятивних берегових форм рельєфу. Якщо на таких берегах розвинеться сильний шторм, то разом із розмивом берегів буде руйнуватися та чи інша будівля (рис. 4), бо джерела живлення біогенними наносами невеликі. Так відбулося і на піщаній терасі північного берегу Азовського моря. Там проектування курортного містечка не урахувало також і впливи вітрових нагонів, рух офсетів та баланс наносів у береговій зоні.

Невпинне загострення дефіциту наносів за біологічними причинами при одночасному великому хвиле-енергетичному потенціалі сприяє активізації розмиву будь-яких акумулятивних форм прибережно-морського генезису. Але невпинне бажання землекористувачів захопити берегові ділянки закриває їх очі на те, щоби внести витрати на природне обґрунтування забудови. Показані явища рис. 1–4 сьогодні є типовими в Україні, що обумовлює дуже небезпечну загрозу на подальшу перспективу, впритул до виведення таких берегів із користування.

Ще одну, п'яту загрозу створює вплив штормів при дії вітрів, хвиль, хвилевих течій, які викликають нагінне підвищення рівня морської води. Посилення шторму залучає до негативної дії ширшу, ніж зазвичай, смугу берега. При цьому швидко переробляються великі об'єми



**Рис. 4.** Ризик не виправдався, бо під час проектування курортного містечка не були ураховані впливи вітрових нагонів, рух офсетів та баланс наносів у береговій зоні північної частини Азовського моря уздовж акумулятивної піщано-чурупкової тераси. Фото: Ю. Д. Шуйський.

**Fig. 4.** Risk assessment was not correct, because, during recreation point planning, influence of the wind-storm surges, movement of offsets and drift balance were not taken into account in the coastal zone of northern part of the Sea of Azov along the accumulative sand-shell terrace. Photo: Yu. Shuisky.

наносів, можливий розмив пляжів і посилення абразії. Утворюються широкі вітрові присухи, які вкриваються окремими шарами солі, завтовшки до 1 см кожен. І якщо це сільськогосподарські угіддя, то засолення ґрунтів їм завдає збитків, а угіддя приходять в непридатність. У гирлах річок на відстані в десятки кілометрів утворюється підпір річкових прісних вод тоді, коли посилюється стік води і вітер призводить до нагінних здіймань води в гирловій частині річки. Ця загроза набуває підвищеного впливу в умовах довготермінового столітнього ліфтингу рівня і намагання невпинного вторгнення в гирлову частину річок.

Відтак, прісні річкові води швидко змішуються з солоними морськими, а це несприятливо впливає на гирлові водозабори для побутових і господарських потреб, особливо – середніх та великих, що може зумовити загибель прісноводних тварин і рослин в гирлах річок. Відповідно, завдається істотного збитку за умови розташування на морському березі, у тому числі в гирлових областях, спорудам і інфраструктурі рекреаційного та навігаційного призначення. Протягом античного і середньовічного періодів, для недопущення шкідливого впливу штормів багато рибальських і інших поселень будувалося в закритих і напівзакритих бухтах, зокрема, наприклад для порівняння – на Середземному, Норвезькому, Японському морях. Саме у таких бухтах, де укриттям слугували природні умови, морські і річкові судна почували себе в безпеці, а морський берег не вимагав штучного захисту, додаткових витрат і не був у сфері впливу п'ятого ризику від несприятливих природних сил.

Несприятливі природні умови склалися також і в Україні, зокрема на північному узбережжі Азовського моря в районах розташування великих піщаних кіс, барів, терас (рис. 4), селищ Степанівка, Ялта, Широкине, Седове та ін. Без кваліфікованого природного обґрунтування будинки були розташовані на активному пляжі. Тут

на низинному піщаному березі було побудована база відпочинку, завдовжки більше 200 м. Вже через 3–4 роки зник захисний пляж, як це часто буває в аналогічних умовах (Zenkovich, 1962; Shuisky, 2018). Через деякий час сильні осінні та весняні шторми почали руйнувати також і будинки та будівлі інфраструктури (їдальню, медичний пункт, гараж, очисні споруди тощо).

В берегових зонах морів, де підводний схил обмілинний, солоність води менше 15‰, кожного року спричиняється вплив від'ємних температур і вода замерзає, утворюючи шар морського льоду. Товщина його найчастіше дорівнює 0,25–0,45 м, особливо під час арктичних циклонів. Руйнація будинків рекреаційного містечка на березі Азовського моря підсилюється впливом морської криги, як це спостерігається, наприклад, на акваторії неприпливного Балтійського моря (Zenkovich, 1962; Shuisky, Vykhovanetz, 2011).

Встановлення льодового шару на акваторії блокує берег від дії морських вітрових хвиль, а вплив прісних річкових вод обумовлює формування товстого шару. З іншого боку, берег є скельним низинним, що здійснюється над пересічним рівнем моря на висоту 1,0–1,3 м (рис. 5). Відтак, виникає чергова загроза маяку та прилеглим будівлям і певний ризик відносно їх існування, – шоста загроза і ризик втратити важливу споруду. У верхівях Фінської затоки її вплив проявляється під час сильних вітрів від західних наярмків, які можуть дмути 2–3 доби, а їх швидкість найчастіше може перевищувати 25 м/с (Shuisky, Vykhovanetz, 2011). Тому виникає величезний тиск на льодовий шар, і він наповзає на низький берег, зглажуючи всі нерівності берегового рельєфу. Протягом руху криги будівлі берегового маяка «зрізаються» (рис. 5). Такі випадки описують К. Орвіку (K. Orviku) на берегах Естонії, Д. Норрман (J. Norrmann) на берегах Швеції, О. Гранё (O. Granö) на берегах Фінляндії, Ж.-К. Діонне (J.-C. Dionne) на берегах Канади тощо. Особливо часто льодове виорання спостерігається на берегах Північного



**Рис. 5.** Сійкий малодинамічний берег у сійдній частині Фінської затоки (Балтійське море). Суттєвої загрози існуванню маяка завдає вплив крижаного покриву під час нагінних вітрів, товщина шару криги може бути більше 0,5 м. Фото: Каарела Орвіку, 09 жовтня 2010 р.

**Fig. 5.** Hard-weathering the lowest shore within eastern part of the Gulf of Finland exposed to risk by impact of marine ice cover with thickness up to 0.5 m during action of strong stormy western winds and negative air temperature. Photo: Kaarel Orviku, 9 October 2010.

Льодовитого океану. Як приклад, наведемо ділянку на Карському морі, в Байдацькій затоці (Кіра-Овдієнко, Ogorodov, 2012). Тут відбувається виорання кригою дна від морських глибин 10–20 м і на березі включно, що створює ризику для газо-транспортної структури, шляхів та кабельних ліній, трубопроводів. Автори Н. Кіра-Овдієнко та С. Огородов описують випадки льодового впливу.

Децо інакше вплив морського льоду відбувається на припливних узбережжях, зокрема на Північному морі, на берегах Ла-Маншу, на Берінговому, Охотському морях, тощо. Сьогодні в берегознавстві (Zenkovich, 1962; Shuisky, 2000, 2018) серед найбільше досконалих розробок питання про вплив льоду на припливну берегову зону залишаються роботи В. Д. Кравцова (Kravtsov, 1984). Він побудував свої висновки на прикладі дослідження суцільного берегового бара в північно-західній частині Охотського моря, на Ульяновсько-Інському узбережжі (гірлові області річок Улья, Урак, Охота, Кухтуй, Ульянов, Іня), в умовах типово припливного моря. Величини припливу тут становлять 4–6 м, а висота штормових вітрових хвиль становить до 6,0–6,5 м. Скиди річкових наносів будують підводні вали, які нарощуються та переміщуються в бік берегу. Тут вони виходять на денну поверхню і будують суцільний бар, із сумарною довжиною майже 180 км. Уздовж одних ділянок бару розташовано багато підводних валів (рис. 6, верхня схема), уздовж других ділянок вали та гребні наближаються до пересічного рівня води (рис. 6, друга та третя схеми). На третій ділянках бар перетворюється на надводний висотою звичайно до +5 м. Така висота може бути подоланою штормовими хвилями і, природно, бути під впливом дії криги.

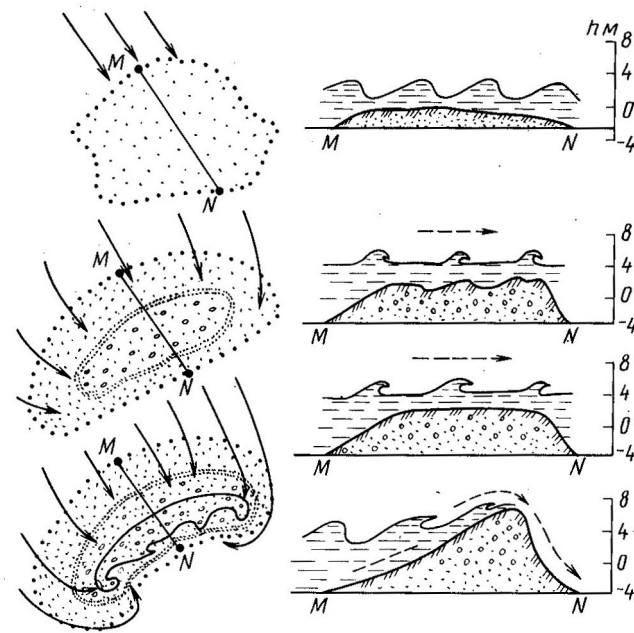
Наступ криги на вали та бари відбувається відповідно до припливних вертикальних коливань рівня моря в умовах дії вітрів від морського сектору горизонту. Як на Балтійському, Північному, Азовському морях, так і на узбережжі Охотського моря крига взмозі зрізати наносну поверхню бару. Такі явища були в місцях

розташування пунктів видобутку риби та рибопереробних цехів і заводів. Зрозуміло, що на припливних берегах дія криги розповсюджується не тільки на надводний берег, як бачимо на рис. 5, а й на підводні частини всього Ульяновсько-Інського узбережжя. Природно, що всі названі особливості механізмів впливу криги на береги рекомендується використовувати для природного обгрунтування будь-якої забудови низьких берегів, яким загрожує вплив рухомої криги.

Шкоди зазнають також шляхи, що прокладені на березі, електричні та газові комунікації, навігаційні знаки, малі архітектурні форми для відпочинку, споруди на місці розташування катерів та шлюпок. Буває, що «льодова лопата» згортає поверхню акумулятивної форми, створює вал з місцевих наносів. Цим порушується механізм розподілу наносів, відключається хвильовий вплив, фізично знищується флора і фауна в товщі наносів тощо. В даному разі доцільно уникати негативного впливу льодового тиску і не забудовувати криго-небезпечні ділянки на берегах як припливних, так і неприпливних.

Сьома загроза особливо гостра і виходить від найсильніших тропічних ураганів, як наприклад – в західній частині Тихого океану, в Карибському басейні Атлантичного океану, або на узбережжях інших водних басейнів, скажемо – Балтійського моря. Ураганні швидкості діють також і на Чорному морі. Під час урагану розвиваються дуже сильні вітри, які можуть перевищувати 30 м/с. Відповідно, на низьких берегах, зокрема – акумулятивних форм (кіс, терас, барів, пересипів), підтоплюється багато будинків, завдається шкоди і збитку будівлям, автомобілям, галям, паркам, шляхам і ін.

Набагато більшого збитку було завдано океанічним берегам, як це зазвичай буває в природі в штормових умовах (Ajbulatov, Artjukhin, 1993; Shuisky, 2000; Takakashi, Zhao, 1997). Сильний хвильовий вплив і вітровий нагін значно підвищують рівень води (до 3–5 м вище ординара).



**Рис. 6.** Планова форма та загальний вигляд поперечних профілів в гирлових областях річок, що впадають в припливне Охотське море. Під дією вітрових та припливних коливань, припайна льодова крига великої товщини може впливати на акумулятивні форми різних розмірів та на різній глибині підводного схилу узмор'я (з роботи В. Д. Кравцова (1984)).

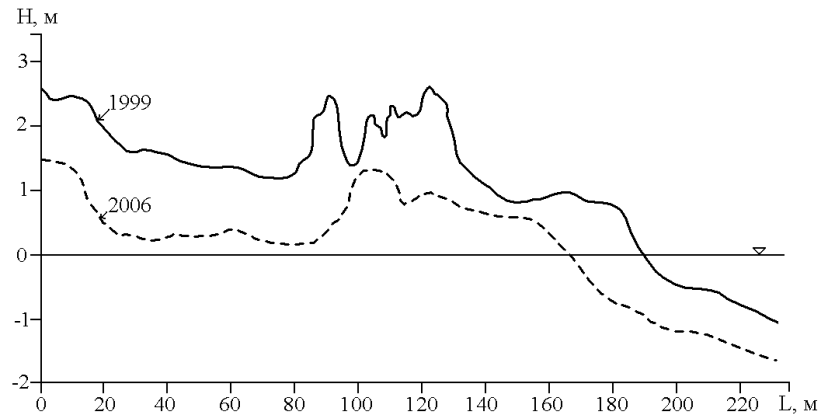
**Fig. 6.** Planning situation and general condition of crossing profiles within mouth areas of rivers that are flowing to the tidal Okhotsk Sea. Under influence of wind and tidal changing of the sea-level, the sea ice cover with a big thickness can affect accumulative forms of different sizes and within different depth on the area of shore shoal (according to V. D. Kravtsov (1984)).

Таке явище істотно збільшує глибину поблизу берегової лінії, підсилює енергію вітрових хвиль, величини абразійного руйнування активних кліфів, терас, кіс, барів, а відтак – руйнує будівлі та комунікації на березі. У результаті берег руйнується разом з усім, що на ньому побудовано, причому, ця втрата є безповоротною. Такі явища зустрічалися також і на берегах Чорного та Азовського морів.

В давні часи, методом випробувань і помилок, приморські поселення зводилися чимдалі від моря ще з однієї важливої причини. Історія заселення берегів Світового океану показала, що в переважній кількості випадків першими поселенцями були рибалки, морські торговці і прості поселенці. Закріпившись на берегових територіях, вони часто помічали непомірно високі швидкості відступання кліфів або берегових ліній акумулятивних форм берегового рельєфу. Проте, окрім цього край небезпечного явища, сильний штормовий вітер з боку моря несе дуже велику масу бризок солоної морської або океанічної води. Така вода потрапляє в сади, городи, під прибудинкові декоративні дерева і кущі, що призводить до засолення ґрунтів на береговій території. Усе це змушувало жителів розташовувати поселення чимдалі від моря, на відстані 1–2 км від морської води. Це було дуже ефективним кроком до безпечного існування селітєбних об'єктів. По-перше, жителі рятувалися від руйнування своїх будинків, садів, угідь, часто – доріг; по-друге, прибудинкові угіддя рятувалися від засолення ґрунту і давали нормальні урожаї овочів і фруктів, по-третє, між поселенням і морем можна було розташовувати рибальські сітки для просушування, човни для зберігання та просушування, засоби копчення,

засолу і зберігання морепродуктів. Абразія в береговій зоні давала значну кількість осадкового матеріалу для живлення наносами у береговій зоні. Саме такий підхід ми вважаємо раціональним до використання природних ресурсів, бо за його вживання люди уникали цієї сьомої загрози та ризику втрати свого майна.

Восьма загроза виникає при руйнуванні та видобуванні піщаних пляжів і берегових дюн різними методами, що призводить до небезпечного зменшення запасів та загострення дефіциту наносів в береговій зоні моря. В береговій літературі класичним прикладом такої небезпеки є Кавказьське узбережжя Чорного моря між Туапсе та Сухумі. Там для будівництва залізниці на самому березі понад морем для залізничного полотна використали пляжові наноси у кількості  $\approx 40$  млн тонн протягом близько 30 років. В результаті під загрозою опинилася сама залізниця та її інфраструктура. Цей приклад змусив учених ще в 1981 р. розробити ефективну технологію берегозахисту і залізниці, і решти Кавказьських берегів у межах Грузії (Petrov, Yaroslavtsev, 2008; Khomitskiy, 1983). Для цього було створене науково-виробниче підприємство «Грузморберегозахист», з центром в Тбілісі, з локальними відділеннями в Сухумі, Піцунді, Поті, Батумі. В основу технології було покладене штучне регулювання розмірів пляжів та запасів наносів в цілому в береговій зоні на різних ділянках, з різними фізико-географічними та прибережно-морськими умовами. Позитивний результат прийшов швидко, вже через 6–7 років. Але при цьому виявилось, що результат одноразовий, а тому потрібна була кваліфікована довгострокова, безперервна програма експлуатації, чинники для підтримки позитивних результатів, а це – дуже великі експлуатаційні



**Рис. 7.** Кількість пляжових піщаних наносів, які були штучно вивезені вантажівками з морського берега Дністровського пересипу на Лиманській ділянці Затоки, з метою зробити місце для забудови коттеджами. Кількість піску позначена початковим профілюванням 1999 р. (суцільна крива) та повторним профілюванням 2006 р. (пунктирна лінія) (схема побудована Г. В. Вихованець).

**Fig. 7.** Quantity of beach sandy drifts, that were removed by trucks from Dnestr beach barrier within Limanic Side of Zatoka-village. The purpose of mining is to provide house buildings along marine and aeolian zones of the beach-barrier. Quantity of beach sand removed by primary (initial) cross-profiling in 1999 is marked by a continuous line and dashed-line indicates cross-profiling in 2006 (according to Galina Vykhovanetz).

кошти та засоби. Наведений досвід можливо було б спрямувати на розробку захисту берегів України, в межах Причорноморської низовини, як наголошують деякі «спеціалісти», але їх намагання є необгрунтованою «точкою зору», яка не містить професійного аналізу на підставі довготермінового дослідження. Основною причиною є зовсім інші фізико-географічні умови на узбережжях України, на відміну від узбережжя Грузії, де багато скельних уламків та гальково-гравійних відкладів безпосередньо на морському березі. А сила хвиль така, що може швидко їх переробляти в пляжові наноси природного вигляду та сприятливих властивостей.

Пряме руйнування пляжів та берегових дюн часто представляється як промислове видобування пісків для будівництва та чурупки для птахівництва не тільки на надводних формах (рис. 7), але й на підводному схилі моря. Це також сильно знижує запаси наносів, веде до скорочення пляжів, до суттєвої активізації процесів абразії корінних порід, беручи до уваги пряму залежність швидкостей абразії від величин сумарної енергії хвиль (Khomytskiy, 1983; Shuisky, 2018). Екскавація морського дна псує структуру донних відкладів, знищує субстрат для бентосних організмів, підриває харчову базу морських промислових мешканців, тощо. Сьогодні на берегах Чорного та Азовського морів існує прямий ризик втрати берегової території суттєвої площі. Берегова зона втрачає вилучені наноси назавжди, а безкоштовно компенсувати їх можна тільки природним шляхом. Тому видобування наносів треба співставляти з природною компенсацією і додержуватися її.

Особливу, дев'яту загрозу для природного обгрунтування портового, берегозахисного, рекреаційного будівництва, що перешкоджає розвитку берегової хвильової ерозії, оцінки впливу антропогенного фактору на берегову зону, становлять самовисунанні «експерти» та «суспільні активісти». Їм притаманна виключно сильна таранна спроможність характеру та одночасний мінімум знань, умінь, кваліфікації. Одним із багатьох прикладів може бути група «експертів», яка не відказувала проти

некомпетентного втручання в унікальну природну систему піщаних форм рельєфу в межах берегового національного парку, причому втручання незаконного і неузгодженого. Як правило, такі «експерти» не аналізують спеціальну фахову літературу і не володіють термінами, поняттями, кваліфікацією в цілому. Але берег є складним як за розташуванням, так і за динамікою (рис. 8). Наприкінці 80-х років ХХ століття ширина пересипу лиману Бурнас становила до 200–220 м, а висота до +2,3 м, за нашими натурними даними. Вони ніяк не аналізують висновки проти небезпечної забудови, не розглядають тенденції природних змін, розвитку хвильових, еолових, біогенних, ґрунтових процесів, які нами досліджувалися протягом десятків років (Vykhovanetz, 2003; Murkalov, 2013; Shuisky, 2000, 2018; Shuisky, Vykhovanets, 2011).

Для співставлення вкажемо, що восени 2020 р. (через майже 40 років) на ділянці рис. 8 значення переважали відповідно 40–50 м ширини та +(0,9–1,3) м висоти, але вже із розбалансованим природним комплексом. Тому пересип перетворився в доступний для кожнорічних штормових проривів. А тенденції зростання розмірів не спостерігається, навіть навпаки. Будівництво т.з. «намивної» буни, поки що ніяк не допомагає і не сприяє накопиченню наносів, хоча б – локального дрібного. Тому маємо реальні ризики втратити забудову під час чергового сильного шторму, коли нагонний рівень води підвищиться на величину до  $\geq 1$  м вище ординара на протязі, як буває, кількох годин. Тим паче, що додаткову величину нагону може додати вплив кутів між спрямуваннями Т-видної буни і берегової лінії, в залежності від напрямку дії шторму та розмірів вітрових хвиль.

Але в першу чергу треба наголосити на порушений природний комплекс під впливом негативної перебудови наносообміну між окремими частинами пересипу. Сьогодні це явище є провідним майже на всіх піщаних формах берегового рельєфу на узбережжі Чорного та Азовського морів.

Багаторічні інструментальні спостереження дозволили авторам цієї статті визначити процес зміни поперечного



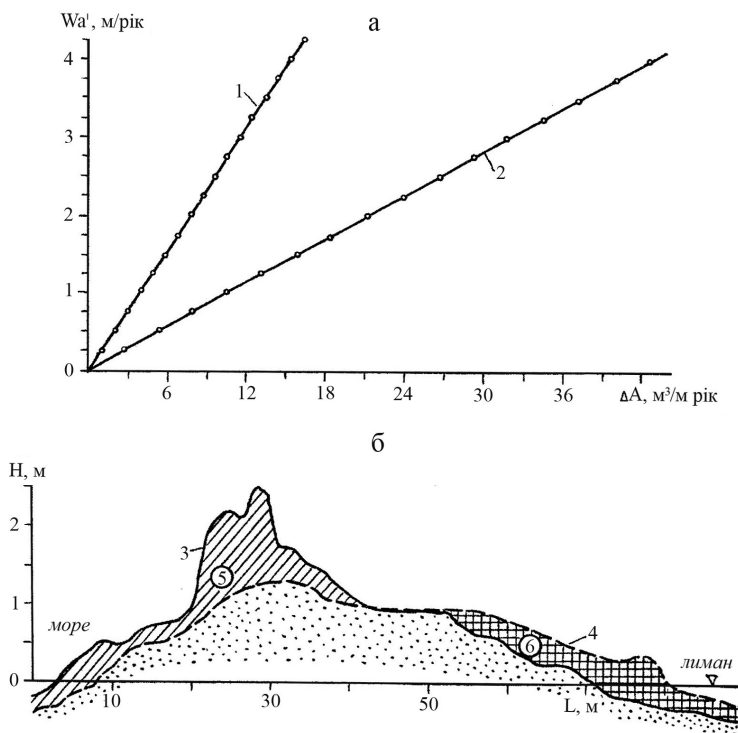
**Рис. 8.** Розташування ділянки незаконної та некваліфікованої забудови пересипу лиману Бурнас, повітряна фото-схема 2020 р. Кам'яно-накидна буна не працює.

**Fig. 8.** Location of a site with illegal and unplanned building of a narrow sandy beach-barrier Burnas. Air photo-picture in 2020. The groyne does not function because it was planned with a mistake.

профілю піщаних пересипів (Shuisky, Vykhovanetz, 2011). Відступ фронтальної частини з боку моря синхронно зазнає нарощування з протилежного боку, з лиманного берегу (рис. 9 б). Чим менше наносів є в береговій зоні, тим скоріше відступає морська частина пересипу, тим меншою стає ширина пересипу, тим частіше прориваються пересипи або тим меншої сили шторми взмозі перехлюпувати пересип і перекидати наноси на лиманний бік, за рахунок чого лиманна частина пересипу нарощується (рис. 9, б). Як бачимо, на відміну від суходольного рельєфу, прибережно-морський є рухомий, змінюється інтенсивно, з певними особливостями (Vykhovanetz, 2003). Більше того, за

зовнішньою формою профілів ховаються компоненти та механізми їх розвитку (рослини, тварини, внутрішні розчини, склад наносів тощо). Нами був побудований графік залежності питомої кількості пляжових наносів ( $\Delta A$ ,  $m^3/m$ ) від питомої величини відступу берегової лінії з боку моря ( $Wa'$ ,  $m/рік$ ). На прикладах пересипів Будаки та Шагани виявилось: зв'язок прямий, прямолінійний, чим скоріші відступи, тим більшими є втрати наносів пересипами. Така залежність є типовою для природної системи пересипу.

Дія закономірності, яка показана на рис. 9 а, підтверджується морфологією пересипів, особливо формою берегової лінії з боку лиману. Штормовий



**Рис. 9.** Графік (а) залежності кількості наносів ( $\Delta A$ ,  $m^3/m^*рік$ ), що розмиті штормовими хвилями, від середньої швидкості відступу фронтальної берегової лінії ( $Wa'$ ,  $m/рік$ ) на прикладі пересипів Будацького (1) та Шаганського (2) лиманів. Профіль (б) показує відступ пересипу Будацького лиману за даними польових зйомок пересипу в серпні 1995 р. (3) і грудні 2016 р. (4) після впливу багатьох штормів. Кількість наносів, що розмиті (5), і що накопилися (6).

**Fig. 9.** Graph (a) of sediment erosion ( $\Delta A$ ,  $m^3/m^*year$ ) to average rate of the frontal shoreline retreat ( $Wa'$ ,  $m/year$ ), exemplified by sandy beach barriers Budaki (1) and Shagany (2) limans. Crossing profile (b) shows resultative retreat on sandy beach-barrier of Budaki liman from August 1995 (3) to December 2016 (4) after impact of the several strong sea-storms. Sediments that were eroded (5) and accumulated (6).

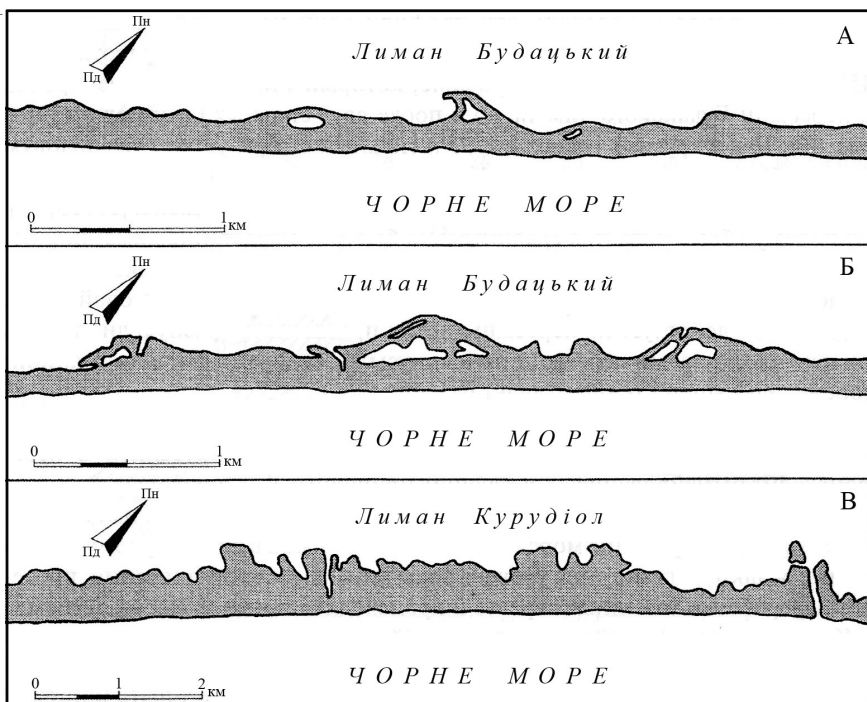
перекид морськими хвилями наносів створює закономірну сукупність конусів виносу з боку лиманів: чим більша акваторія лиману та більша його глибина, тим сильніше переробляються ці конуси і тим складнішими вони бувають (рис. 10). Гідроенна лиманна переробка конусів обумовлює нарощування лиманного боку пересипів, що є типовим процесом. Саме схеми рис. 9 та 10, з допоміжними розрахунками, були покладені нами в основу розробки графічної моделі наносообміну на поверхні піщаних пересипів, барів, кіс, вузьких терас на узбережжях Світового океану (Shuisky, 2018; Shuisky, Vykhovanetz, 2011). Натурні зйомки на схемах рис. 10 показали складність контуру лиманного берегу пересипів, що зазвичай притаманне вузьким формам (ширина до 250-300 м). На більш широких формах берег найчастіше є вирівненим, без «зазубрин». Але такі закономірності не враховують «псевдо-екологи», а це завжди веде до помилок і порушень природного розвитку пересипів під впливом дії антропогенного фактору.

Нагадуємо, що кілька десятків років нами виконувалися півторні інструментальні роботи на одних і тих же берегових ділянках на піщаних пересипах (рис. 1, 7, 8, 9). Між зйомками ми проводили візуальні описи пересипів після кожного сильного шторма, брали взірці наносів (в т.ч. під час еолового переносу), рослинності, ґрунтових вод. Це дозволяло встановлювати деталі механізму літодинамічного розвитку поверхні пересипу, поки через 20–25 років допоміжні схеми, плани, дистанційні матеріали (рис. 9, 10 та ін.) не були зведені в єдину графічну модель закономірного наносообміну на поверхні пересипів. Відтак, розроблена нами графічна модель (рис. 11), кожна її складова показує, як можна зберегти дуже цінну, рідкісну природну систему в межах будь-яких форм піщаного рельєфу прибережно-морського генезису. Саме вона дозволяє уникати багатьох ризиків та

загроз отримати негативний результат під час засвоєння природних ресурсів та забудови рельєфу в береговій зоні морів, в тому числі Чорного та Азовського. До речі, в Світовій практиці піщані берегові форми рельєфу заповідаються як території особливо суворої охорони.

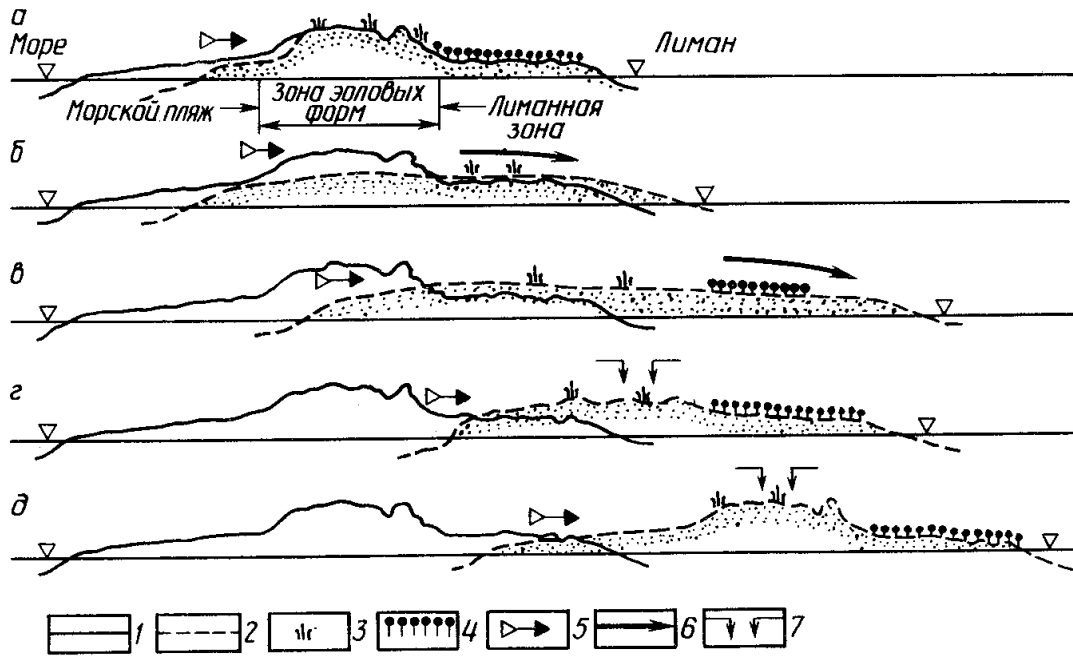
На практиці прибережно-морського природо-користування буває, що чітко діє одна загроза / ризик: може бути що в різних проявах та з різною інтенсивністю, протягом різних ділянок часу і різним терміном дії. Може бути, що загроза діє як одне ціле, без визначення очевидних проявів, що лежать «на поверхні». В інших районах і областях берегової зони виявляються інші загрози. В наші часи поточного періоду все частіше діють дві і може бути, що кілька загроз одночасно. Ось чому в складі природного обґрунтування проекту чи його експертного розгляду, будь-який ризик чи загроза природній системі чи створеному господарському об'єкту запобігається кількома підходами, методами, рішеннями фахівця-берегознавця. Завжди треба мати на увазі, що будь-яка загроза в береговій зоні найчастіше є комплексною, багатофакторною.

Десята загроза чекає користувачів ресурсами берегової зони на піщаних формах берегового рельєфу завдяки їх природній особливості та неповторності в межах як суходолу, так і Світового океану. Мова іде про поділ довгої берегової зони на окремі «літодинамічні чарунки» (літодинамічні системи різного генетичного рівня). В їх межах існує один потік наносів чи єдиний режим поперечних посувів наносів. В межах кожної системи («чарунки») всі морфодинамічні, морфометрично, літодинамічні процеси щільно пов'язані поміж собою (Шуйський, 2000, 2018; Shuisky, 2003). Штучні зміни на одній ділянці тут же відбиваються на всій системі. Чим сильнішим є імпульс впливу на «чарунку», більше часу він діє та на більшій ділянці, тим сильніший вплив він



**Рис. 10.** Різні форми піщаних пересипів лиманного типу узбережжя в межах північно-західного узбережжя Чорного моря: А – активний хвильовий уздовжбереговий розкид та домінування берегової лінії, що є вирівняною; Б – хвильове вирівнювання конусів штормового скиду наносів та формування берегової лінії, що є складною розчленованою; В – під послабленим хвильовим впливом утворюється «зубчаста» розчленована берегова лінія з дещо більшою складністю.

**Fig. 10.** Shore lines have different types within various sand beach-barriers along north-western part of the Black Sea coast. Forms of the limanic shoreline: A – intensive wave along-shore dispersing of sediment and prevail and did cover off by all of long; B – wave cover off limanic shore-line within sites of marine sediment conics by impact of limanic water; C – it is complicated limanic shoreline that was formed by impact of very feeble energetic field within contiguous limanic water body.



**Рис. 11.** Графічна модель розвитку дійсного поперечного пересіку на піщаних пересипах лиманів, які були досліджені на узбережжі Чорного моря: а – д – стадії розвитку. Умовні позначення: 1 – крива початкового стану профілю; 2 – подальші розташування профілів на стадіях а – д; 3 – розпоршена рослинність із пересічним проективним вкриттям  $\leq 30\%$ ; 4 – густа рослинність із пересічним проективним вкриттям  $\geq 90\%$ ; 5 – напрямок пересування пересіку під впливом морських штормових хвиль; 6 – результативний рух берегових наносів від морського боку на лиманний бік пересипу; 7 – місця накопичення еолових наносів на різних стадіях розвитку пересипів (розроблена та удосконалена авторами цієї статті).

**Fig. 11.** Graph model of real crossing profile development within sand beach-barrier of limans that were studied along coasts of the Black Sea and Sea of Azov: a–d are stages of development. Legend: 1 – curve of primary status of the profile; 2 – location of profiles during future time in stages a–d; 3 – scarce vegetation area with projective cover of  $\geq 30\%$ ; 4 – dense vegetation with projective cover of  $\geq 90\%$ ; 5 – the direction of profile movement by impact of marine storm waves; 6 – summary movement of shore sediment from marine side to limanic side of a sandy beach-barrier; 7 – accumulation area of aeolian drifts during different stages of the beach-barrier evolution (the scheme was devised and improved by the authors).

спричинить. Причому, як природний, так і антропогенний. А це може обумовлювати чергову загрозу стійкості берегів та будівлям на них, або цінним береговим пам'яткам природи, а будівництво зробити ризиковим в умовах, що склалися.

В берегознавстві багато відповідних прикладів. Зокрема, в береговій зоні північної частини Чорного моря до торгового порту Іллічівськ був прокладений підхідний судноплавний канал, глибиною спочатку до 10 м, а сьогодні – вже 15 м глибини. Він перетнув трасу Північно-західного потоку наносів, що призвело до активізації абразії на березі на протязі майже 20 км із завітряного боку від каналу. Другий приклад: на захід від мису Аджияськ до побудованого торгового порту Южный майже 50 років тому був прокладений навігаційний підхідний канал до глибини майже 20 м. Сьогодні його глибина дорівнює 17 м, а з кожного боку він огорожений двома молами до глибини 5,5 м. Цей канал разом із молами перехоплює майже весь матеріал хвильового поля, що призвело до скорочення ширини притулених пляжів і до сильної активізації швидкостей абразії глинистих кліфів (в 2-3 рази у порівнянні із швидкостями до будівництва). Живлення пересипів лиманів Куяльник та Хаджибей в Одеській затоці майже повністю припинилося і берегова лінія перетворилася з акумулятивної в динамічно стабільну. Як бачимо, в наведених прикладах побічні загрози виправдалися, та портове будівництво було

пріоритетне для господарства країни. Аналогічну загрозу представили, наприклад, в береговій зоні Балтійського моря захисні моли і судноплавні канали до портів Колобжег, Леба, Клайпеда, Ліепая, Павлоста, Вентспілс. Найчастіше, вони обумовлюють ризик для суміжних берегових ділянок із завітряного боку, де втрачаються значні площі цінних берегових земель.

Наведені приклади ми досліджували протягом минулих десятирок років для того, щоб врахувати помилки минулого. Але, реально ці помилки відбуваються регулярно й сьогодні, за невеликим виключенням, які на Україні місцевою владою практично не ураховуються. Тому ми вчимо студентів фізико-географів майбутніх берегознавців, які розуміють наведені хиби, знають, як їм запобігти, вміють правильно запроектувати оптимальне природокористування і забезпечити недопущення помилок на майбутні часи. Відповідно, з часом, маємо надію на більш ефективне природокористування в береговій зоні морів України, якщо збережеться національна наукова школа берегознавства.

#### 4. Висновки

Відповідно до розгляду матеріалів комплексного дослідження різних типів берегової зони морів, переважно Чорного та Азовського, автори видібрали декілька

різних фізико-географічних умов її розвитку. Взаємодія сукупності умов впливає на різні реакції природи на антропогенний вплив різної інтенсивності та різних меж охоплення берегової зони.

За впливом навколишніх фізико-географічних умов в береговій зоні, вона підрозділяється на окремі літодинамічні системи («чарунки»). Кожна відрізняється від всіх інших в межах того чи іншого моря за походженням, геологічною будовою, балансом наносів, за гідрометеорологічним режимом, біогенними та гідрохімічними рисами, за морфологією та динамікою. Тому антропогенний вплив та небезпечні природні умови створюють різні типи загроз для природи берегової зони, з одного боку, а з іншого – ризиків у відношенні до господарських об'єктів, комунікацій і будівель.


Критичний розгляд матеріалів досліджень в береговій зоні Чорного та Азовського морів (приклади на інших морях узяті для співставлень) показав можливість визначити десять найбільш важливих загроз та ризиків в процесі засвоєння природних ресурсів у береговій зоні. Їх аналіз показав, що найбільш важливі та небезпечні з них пов'язані із порушенням балансу наносів, з відсутністю даних про довгострокову динаміку абразійного та акумулятивного берегів, недооцінкою процесів взаємодії надводної та підводної частин берегової зони, з невдалим застосуванням гідротехнічних споруд, які не гармоніюють із береговим довкіллям конкретної літодинамічної «чарунки».

Найбільше ефективним виявилось урахування певної сукупності загроз і ризиків, в межах різних літодинамічних систем, з різними фізико-географічними умовами, з різною метою та завданнями для природного обґрунтування того чи іншого проектування в береговій зоні моря. В цій сукупності кожний тип загрози (ризик) відрізняється від всіх інших, а разом із тим входить в склад фізико-географічного комплексу (системи), яка складає реальну, сильну небезпеку.

Штучні зміни на одній ділянці тут же відбиваються на всій системі. Чим сильнішим є імпульс впливу на «чарунку», більше часу він діє та на більшій ділянці, тим сильніший вплив він спричинить. Причому, як природний, так і антропогенний. А це може спричинити чергову загрозу стійкості берегів та будівлям на них, або цінним береговим ділянкам, а будівництво зробити ризиковим. Є реальний сенс продовжити дослідження за темою статті в напрямку класифікації загроз та ризиків, уточнення термінології та понятійного апарату, більш широких обґрунтувань.

## ORCID ID

Yuriy Shuisky  <https://orcid.org/0000-0001-5306-0233>

Galina Vykhovanetz  <https://orcid.org/0000-0003-0373-1362>

## Список посилань

Aybulatov, N. A., Artyukhin, Yu. V. (1993). *Geoecology of Shelf and Coast of the World ocean*. S-Pb: Hydrometeoizdat. [Айбулатов,

- Н. А., Артюхин, Ю. В. (1993). *Геоэкология шельфа и берегов Мирового океана*. СПб: Гидрометеиздат.].
- Bobykina, V. P., Boldyrev, V. L. (2008). On problem of conservation and harmonic development of marine shores. In *Natural and natural-technogen risks within coastal zone of seas: Proceeding of international conference* (pp. 52–55). Odessa: Astroprint. [Бобыкина, В. П., Болдырев, В. Л. (2008). К проблеме сохранения и устойчивого развития морских берегов. *Природные и природно-техногенные риски береговой зоны морей. Природные и природно-техногенные риски береговой зоны морей* : материалы международной конференции (С. 52–55)(Одесса, 7-11 сентября 2008 г.).].
- Vykhovanetz, G. V. (2003). *Aeolian process within sea coast*. Odessa: Astroprint. [Выхованец, Г. В. (2003). *Эоловый процесс на морском берегу*. Одесса: Астропринт.].
- Terziyev, F. S. (Ed.) (1991). *Hydrometeorology and hydrochemiya of the USSR Seas. The Black Sea*. [Терзиев, Ф. С. (ред.) (1991). *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Черное море*. СПб: Гидрометеиздат.].
- Zenkovich, V. P. (1962). *Basic science on marine coast evolution*. Moscow: AS USSR. [Зенкович, В. П. (1962). *Основы учения о развитии морских берегов*. Москва: Изд-во АН СССР.].
- Koff, G. L. (2008). Low basic guaranty of buildings and structures that erected along sea coast. *Natural and natural-technogen risks within coastal zone of seas* (pp. 19–22). Odessa: Astroprint. [Кофф, Г. Л. (2008). Правовые основы обеспечения безопасности зданий и сооружений, возводимых на морских побережьях. *Природные и природно-техногенные риски береговой зоны морей*: материалы международной конференции (С. 19–22). Одесса: Астропринт.].
- Kopa-Ovdienko, N. V., Ogorodov, S. A. (2012). Integrated eco-geographycal asesment of conditions of the engineering structures contribution and operation in the coastal zone of Baydaratskaya Bay, Kara Sea. In L. A. Zhindarev (Ed.), *Sea coasts – evolution, ecology, economy* (pp. 176–180). Krasnodar: Yug. [Коба-Овдиенко, Н. В., Огородов, С. А. (2012). Комплексная эколого-географическая оценка условий строительства и эксплуатации инженерных сооружений в прибрежно-шельфовой зоне Байдарацкой губы Карского моря. В Л.А. Жиндарев (отв. ред.), *Морские берега – эволюция, экология, экономика* (С. 176–180). Краснодар: Юг.].
- Kravtsov, V. D. (1983). *Delta-forming processes within tidal river moutnes along North-western coast of the Okhotsk Sea*. (PhD thesis). State Oceanography institute, Moscow. [Кравцов, В. Д. (1983). *Процессы дельтообразования на приливных устьях рек Северо-западного побережья Охотского моря*. (Кандидатская диссертация). Государственный океанографический институт, Москва.].
- Murkalov, O. B. (2013). *Morphology and Dynamics of Sandy Beaches in the Black Sea Coastal Zone*. (PhD thesis). Geography Institute of Academy Sciences of Ukraine, Kyiv. [Муркалов, О. Б. (2013). *Морфология та динаміка піщаних пляжів у береговій зоні Чорного моря*. (Кандидатська диссертация). Національна Академія наук України, Інститут географії, Київ].
- Petrov, V. A., Yaroslavtzev, N. A. (2008). About rask estimation of destroying by shore structure along the Black Sea within Krasnodar Territory. *Natural and natural-technogen risks within coastal zone of seas* (pp. 81–82). Odessa: Astroprint. [Петров, В. А., Ярославцев, Н. А. (2008). К вопросу об оценке риска разрушений берего-укрепительных сооружений на Черноморском побережье Краснодарского края. *Природные и природно-техногенные риски береговой зоны морей* (С. 81–82). Одесса: Астропринт.].
- Pustovitenko, B. G., Kulchitzkiy, V. E., Pustovitenko, A. A. (2008). Seismic processes in North-western part of the Black Sea. Seismic danger. *Natural and natural-technogen risks*

- within coastal zone of Seas (pp. 70–72). Odessa: Astroprint. [Пустовитенко, Б. Г., Кульчицкий, В. Е., Пустовитенко, А. А. (2008). Сейсмические процессы в Северо-западной части Черного моря. Сейсмическая опасность. *Природные и природно-техногенные риски береговой зоны морей : материалы международной конференции* (С. 70–72). Одесса: Астропринт.]
- Sokolnikov, Yu. N. (1976). *Engineering shore morphodynamics and its application*. Kyiv: Naukova dumka. [Сокольников, Ю. Н. (1976). *Инженерная морфодинамика берегов и ее приложения*. Киев: Наукова думка.]
- Theophilus, M.N.M. (2020). *The protection and rational use of natural resources in the forest landscape of the Faco-Memé division of Cameroon*. (PhD thesis). Easternneuropean national university imeni Lesi Ukrainky. Lutsk. [Теофілус, М.Н.М. (2020). *Охорона і раціональне використання природних ресурсів у лісовій області Фако-Мемé в Камеруні*. (Кандидатська дисертація). Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк.]
- Tjuremina, V. G., Karavan, A. I., Cherkasov, V. A., Tjuremin, P. N. (2008). Natural and natural-technogen factors of risks for development and activation abrasive-landslide processes within North-western territory. *Natural and natural-technogen risks within coastal zone of seas* (pp. 58–65). Odessa: Astroprint. [Тюрєміна, В. Г., Караван, А. И., Черкасов, В. А., Тюрємин, П. Н. (2008). Природно-техногенные факторы риска развития и активизации абразионно-оползневых процессов на территории Северо-западного Причерноморья. *Природные и природно-техногенные риски береговой зоны морей : материалы международной конференции* (С. 58–65). Одесса: Астропринт.]
- Khomitzkiy, V. V. (1983). *Nature-protective aspects of shore hydrotechnics*. Kyiv: Naukova dumka. [Хомицкий, В.В. (1983). *Природоохранные аспекты береговой гидротехники*. Киев: Наукова думка.]
- Sheshenya, N.L. (2008). Valuation of social-ecological risks demonstration of dangerous processes in coastal zones of the Black Sea. *Natural and natural-technogen risks within coastal zone of seas* (pp. 98–99). Odessa: Astroprint. [Шешеня, Н.Л. (2008). Оценка социально-экологических рисков проявления опасных процессов в береговых зонах Черного моря. *Природные и природно-техногенные риски береговой зоны морей : материалы международной конференции* (С. 98–99). Одесса: Астропринт.]
- Shuisky, Yu. D. (2000). *Coasts types in the World Ocean*. Odessa: Astroprint. [Шуйський, Ю.Д. (2000). *Типи берегів Світового океану*. Одеса: Астропринт.]
- Shuisky, Yu. D. (2018). *History of Development and Methodology of Coastal Sciences*. Odessa: Astroprint. [Шуйський, Ю. Д. (2018). *Історія розвитку і методологія берегове́дєння*. Одесса: Астропринт.]
- Shuisky, Yu. D., Vykhovanetz, G. V. (2011a). *The Nature of Black Sea Limans*. Odessa: Astroprint. [Шуйський, Ю. Д., Выхованец, Г. В. (2011a). *Природа Причерноморских лиманов*. Одесса: Астропринт.]
- Shuisky, Yu. D., Vykhovanetz, G. V. (2011b). Basic physical-geographical components of the Baltic Sea coasts in East part of the Finnish Bay. *The Black Sea Ecological Bulletin*, 1 (39). 76–98. [Шуйський, Ю. Д., Выхованец, Г. В. (2011b). Основные физико-географические черты берегов Балтийского моря в вершине Финского залива. *Причорноморський Екологічний бюлетень*, 1 (39), 76–98.]
- Shurda, K. E. (2008). Anomal weather impact on economic-ecology safety of the human activity within the Azov-Black Seas basin. *Natural and natural-technogen risks within coastal zone of seas* (pp. 58–65). Odessa: Astroprint. [Шурда К.Э. (2008). Аномальные погодные явления и их влияние на экономико-экологическую безопасность хозяйственной деятельности в Азово-Черноморском бассейне. Природно-техногенные факторы риска развития и активизации абразионно-оползневых процессов на территории Северо-западного Причерноморья. *Природные и природно-техногенные риски береговой зоны морей : материалы международной конференции* (С. 58–65). Одесса: Астропринт.]
- Cazenave, A. R., Nerem, R. S. (2004). Present-day sea level change: observations and causes. *Journ. Rewiev Geophysics*, 42(3), 2–22.
- Mörner, N.-A. (2004). Estimating future sea level changes from past records. *Global and Planetary Change*, 40, 49–54.
- Shuisky, Yu.D. (2003). Experience of efficiency of the protective complex along the Black Sea shoreline within Odessa City territory. *Proceeding Intern. Summer School: "Coastal Zone '03"* (pp. 309–336). Gdańsk: CEM Publ.
- Shuisky, Yu. D. (2017). About efficiency of defence structures along Odessa Coast of the Black Sea. *Journal Natural & Technical Sciences (a new dimension)*, 13 (121), 43–46.
- Takahashi, M., Zhao, N. Y. (1997). Equatorial waves in a general circulation model simulating a quazi-biennial-oscillation. *Journal Meteorology Socieite*, 75(2), 529–542.
- Zharomskas, R. P., Gulbinskas, S. V. (2018). *Coastal Development and Management*. Klaipeda: KSU Publ. Co.