

ПРИРОДНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ШТУЧНИХ ПЛЯЖІВ НА БЕРЕГАХ ЧОРНОГО І СЕРЕДЗЕМНОГО МОРІВ

Терранова Р., Споторно М., Брандоліні П., Шуйський Ю. Д.

У 1997 р. експедиційні роботи були виконані авторами на берегах Середземного моря в межах області Лігурія в Італії та на рівнинних берегах Чорного моря в межах України. За результатами цих досліджень було отримало матеріал, що покладений в основу цієї роботи. Вивчені райони відрізняються за умовами формування пляжів та створення й експлуатації штучних пляжів. Тому ця стаття присвячена аналізу та систематизації отриманої інформації для визначення застосування та експлуатації штучних пляжів.

З перших кроків сучасного берегознавства виявилось, дедалі — більше, що найкращим захистом морських берегів від хвильового руйнування є природний пляж. Упродовж часу зростання його розмірів веде до втрати енергії хвиль все більших розмірів, тому хвилі не спроможні досягти підніжжя кліфу. Поступово хвильова абразія уповільнюється, швидкості відступу кліфу зменшуються, поки кліф не перетвориться з активного на відмерлий [1, 186]. Надійний доказ цієї закономірності дозволив дійти висновку: чим більша кількість наносів у береговій зоні морів, тим більші лінійні та об'ємні параметри природних пляжів, тим більше хвильової енергії витрачається на гідроенну переробку і рух пляжових наносів, тим менше ця енергія спроможна забезпечити абразійний процес корінних порід і відступ берегової лінії. При умові, що всі 100% енергії хвиль витрачаються на переробку і рух наносів на досить для того широкому пляжі, абразія корінних берегів не має місця та не розвивається. І навпаки.

Разом з тим, абразійні процеси і створені ними абразійні береги широко розповсюджені в Світовому Океані. Тільки активні кліфи, вироблені в корінних породах, займають 47,7% довжини берегової лінії Океану. Є й інші прояви абразії, руйнування і відступу берегів. Звичайно підніжжя кріфів облямовано пляжем типу притяжного односхилового. В природних умовах переважна більшість пляжів такого типу вивченої нами берегової зони Чорного та Серед-

земного (а також й інших) морів розвивається в умовах гострого дефіциту наносів. Тому їх лінійні та об'ємні параметри такі, що допускають вільне проходження хвильового накатного потоку по всій ширині пляжу і досить сильний вплив на підніжжя корінних кліфів. Саме такі умови ведуть до руйнування всього берега і відступу берегової лінії.

Ті корінні береги, що складені тривкими скельними породами ($R > 500$ кг/см²), можуть практично не руйнуватися під дією штормових хвиль чи забезпечувати дуже низькі швидкості абразії ($< 0,1$ м/рік). Відповідно, для них не існує практичної потреби берегозахисту. Вони й без того в природному стані позбавлені інтенсивної динаміки і відповідної загрози руйнування будь-яких господарчих об'єктів, що розташовані на них. Але слабкі породи, особливо з типу пухких малоконсолідованих ($R < 100$ кг/см²), у складі кліфів піддаються суттєвому руйнуванню під впливом хвильової дії, нагонів, нехвильових абразійних процесів. Відповідно розповсюджуються пообвалювання, зсуви і відступ берегової лінії [6, 210; 7, 380]. Ці слабкі породи віднесені до III-V класів за ступенем опору абразії, і вони допускають великі швидкості хвильової абразії кліфів — до 5-8 м/рік та більше в умовах суворого хвильового режиму в береговій зоні обох морів. Отже, саме для таких активних кліфів є сенс вживати берегозахисні засоби і споруди, в тому числі — штучні пляжі, що підвищують перекид хвильової енергії на переміщення і розподіл наносів. Тим самим зменшується частка енергії для розвитку руйнівного абразійного процесу.

Штучні пляжі є слушним відкарбуванням антропогенної діяльності на гострий дефіцит наносів у береговій зоні морів. Такий режим притаманний вивченим берегам Чорного й Азовського морів у межах України [7, 377] і Середземного моря в Лігурії (Італія) [4, 233]. Тому вживаються різноманітні типи берегозахисних споруд, головним чином, буни в Україні, буни і штучні пляжі в Лігурії. Але конструкція і призначення бун виявилася неадекватною у двох названих регіонах, що перш за все пов'язано з особливостями природи і можливостями будівництва в береговій зоні Чорного, Азовського і Середземного морів.

Узбережжя Лігурії є гірським, складено міцними скельними породами крейди, палеогену та неогену, там розташовано багато (більше, як 70) гірських річок (зокрема, Магра, Гравенья, Чента, Архентіна і т. ін.), у береговій зоні переважають гравійно-галькові наноси, прибережне дно має досить присхилий пересік (в середньому до 0,03-0,05). Міцні породи в складі берегового схилу і присхилий підводний пересік обумовлюють несуттєвий внесок процесів абразії для формування пляжів. У той же час численні гірські річки та тимчасові ручаї виносять велику кількість наносів, переважно гравійно-галькових, особливо під час повені. Це створює умови для переваги саме алювіальних наносів у складі пляжів (до 80-90%). Загальна геоморфологічна будова берегів Лігурії така, що відножини гірських хребтів, висуваючись до моря, формують структурні миси [2, 412; 3, 681]. Саме миси, складені переважно вапняками, пісковиками, цементованою глиною з включеннями скельних уламків, підпадають під найсильнішу дію хвильової абразії. Тут багато хвильових урвищ, гротів, абразійних заишинців, галькових свердлинок, подекуди зустрічаються кекури та великі скелі. загальна довжина розповсюдження абразійних ділянок дорівнює 40-45% від сієї довжини Лігурійського берега. Швидкості абразії відповідають геологічній

будові, відсутності наносів і суворому хвильовому режиму, а взагалі становлять 0,1-0,2 м/рік, максимум — до 1 м/рік.

Між мисами розташовані вузькі приморські низовини, шириною до 1-3 км, на нечисленних ділянках — більше. Їх частка становить 50-55% від загальної довжини берегів Лігурії. На відміну від мисів, вони представлені угнутостями берегового контуру, що складені напівпуккими та малоцементованими алювіально-делювіальними відкладами антропогену. Ці відклади віднесені нами до IV-V класів за опором абразії. На природних ділянках у цих відкладах вироблені хвилями невисокі кліфи (< 7-10 м), що відступають на 0,5-1,5 м/рік на різних ділянках, з максимумом < 3 м/рік упродовж останніх десятиліть [2, 417; 4, 236]. До цих угнутостей тяжіють численні зсуви, пообвалювання, зсипи. Але саме угнутості щільно забудовані, значно змінені антропогенним фактором, а тому потребують захисту від дії хвильової абразії, руйнування берегів і будівель, що розташовані на цих берегах.

На відміну від Лігурійських, береги Чорного та Азовського морів є рівнинними (за винятком південної частини Кримського півострова), складені переважно глинисто-піщаними пуккими і напівпуккими (слабозцементованими) осадовими породами, місцями скельними —слабкими вапняками, пісковиками, конгломератами, в береговій зоні переважають піщані і піщано-черепашкові наноси. Як і на вивченому узбережжі Середземного моря, переважає сильний дефіцит наносів у береговій зоні [6, 208; 7, 379]. У Чорне море в межах України хоч і впадають великі річки (Дунай, Дністер, Південний Буг, Дніпро), але вони формують великі дельти чи впадають у лимани і залишають берегову зону моря без наносів. Малі річки є рівнинними, влітку висихають, впадають у прибережні лимани (лагуни) і для берегової зони їх сучасні наноси значення не мають. Головним джерелом пляжових наносів є процеси абразії великої інтенсивності, але глинисті породи містять у собі мізерну частку (1-15%) пляжоутворюючих фракцій. В умовах досить потужного хвильового режиму саме це обумовлює стан гострого дефіциту наносів і формування малих параметрів пляжів, які не в змозі захистити слабкі кліфи від хвильової абразії. Відповідно до геологічної будови і джерел живлення, в береговій зоні переважають піщані фракції, за винятком південних і частково — західних берегів Криму, де головна роль належить гравійно-гальковим наносам. Швидкості відступу берегових ліній у цілому на вивчених берегах дорівнюють 1,8 м/рік, а межі — 0,1-4,8 м/рік.

Таким чином, найбільш освоєні ділянки вивчених берегів Чорного, Азовського і Середземного морів зазнають значного руйнівного відступу в умовах гострого дефіциту наносів. Така ситуація змушує використовувати різноманітне захисне гідротехнічне будівництво, зокрема хвильовідбійні мури, буни, кам'яні накиди, хвильолами тощо. Але оптимальною реакцією на сильний відступ берегів і дефіцит наносів у світовій практиці вважається насичення берегової зони наносами за допомогою штучних пляжів. Тим самим берегова зона збагачується копінням наносів, які не можуть бути забезпеченими за допомогою природних джерел, і штучно частина хвильової енергії перекидається з абразійної дії до дії в напрямку хвильової переробки і розподілу наносів, на безшкідливу дисипацію хвильової енергії. Сталість і ефективність таких штучних пляжів відрізняються досить помітно, коли ці пляжі піщані і коли — галькові [1, 288; 7, 383].

На Чорному і Азовському морях у межах України піщані штучні пляжі

вільного незахищеного типу зустрічаються часто. Було доведено, що вони добре виконують своє захисне призначення тоді, коли містять у собі не менше як 130-150 м³/м наносів, ширину більше за 40 м і висоту 2,0-2,4 м. Створювалися також вільні пляжі з питомим об'ємом 50-80 м³/м піску. Але без подальшого штучного підживлення вони дуже швидко розмивалися — за 9-25 місяців майже зовсім зникали, і з тим більшою швидкістю, чим менші були об'ємні параметри і більші величини діючої хвильової енергії. Галькові вільні пляжі трималися довше без додаткового компенсаційного живлення, але вони зазнавали значного тертя (2-14% на рік) і також виносу гальки за межі ділянки берегозахисту. Причини криються в тому, що природні, як і штучні, пляжі в процесі довготермінової еволюції набували стану динамічної рівноваги з навколишніми умовами довкілля. І тому вони не мджуть бути за розмірами більшими чи меншими за те, що їм дозволяють умови довкілля. Створенням штучних незакріплених пляжів порушується ця рівновага, при тому, що навколишні природні умови зберігаються незмінними. Тому нові вільні незакріплені пляжі прямують до первинного природного стану, до розмірів вихідного природного пляжу, іншими словами — розмиваються. Це й спостерігається скрізь на берегах і України, й Італії (область Лігурія).

Щоби цього запобігти, очевидно, потрібно змінити навколишні умови і пристосувати їх до збереження штучних пляжів. Узагалі це зробити неможливо, але, оскільки сукупність природних умов переважно працює на підтримку усталеного хвильового режиму та режиму живлення наносами, то на це треба звернути увагу для закріплення штучних пляжів. Коли робиться дампінг піску до складу штучного пляжу, то цим збільшуються копіння наносів у береговій зоні, і людина виконує дію замість природних джерел наносів. Але цього замало, бо хвилі продовжують із своєю природною силою переробляти ці наноси. Тому вільні незакріплені пляжі швидко розмиваються, що і спостерігалось на вивчених берегах. Отже, потрібно вплинути на хвильовий режим у напрямку його пониження. Щоб зменшити силу дії хвиль, треба виконати такі заходи: а) — поставити на шляху морських хвиль до берега перешкоду в вигляді хвильоламів різних типів (блокових, кам'янонакидних, сферичних, бульбашкових, розпластаних і т. ін.); б) — розтягнути довжину берегової лінії за допомогою споруд — природних аналогів звивистого або ламаного типу; в) — уживати поперечні споруди, щоб розбивати хвильовий накат, блокувати хвильові течії і створювати хвильову тінь (наприклад, буни, моли); г) — будувати висунуті в море споруди, що блокують береги та створюють хвильову тінь (штучні надюдні рифи, острови, переривчасті хвильолами і т. ін.); д) — будувати комбіновані комплекси з тих, що зазначені вище. Тоді питомі витрати енергії хвиль стануть меншими, що відповідно активізує зменшення наносорухомої спроможності цих хвиль і підвищує акумуляційність наносів у складі штучних пляжів.

Заходи для зниження хвильової енергії за допомогою вказаних у пунктах а)-) мають підвійне призначення: 1 — залучати природні наноси з берегової зони а визначені ділянки, де збудовані берегозахисні гідротехнічні споруди; 2 — тримувати у вигляді штучних пляжів ті наноси, що відсипані на визначених ділянках. У вивченій береговій зоні Чорного, Азовського та Середземного морів омінує гострий дефіцит наносів, тому серйозно сподіватися на засіб 1 особливо не доводиться, і це підтверджено в районах Одеси, Коблева, Бердянська. Тому

головне призначення заходів а)-д) спрямовано на вживання засобу 2: будуються споруди, що знижують хвильовий вплив, і в їх межах робиться дампінг у вигляді штучного пляжу, який і утримується цими спорудами. Певна річ, що в умовах відсутності дефіциту наносів захисні споруди активного типу будуть самостійно заповнюватися наносами і формувати захисні пляжі.

На Лігурійському узбережжі Середземного моря яскравим прикладом може бути ділянка між мисами Нолі на півдні і Вадо на півночі [3, 679]. У районі містечка Берджеджи, в межах берегової угнутості короткі ручаї були зарегульовані, що загостило живлення і без того ерозійного пляжу і підвищило швидкості абразії низьких кліфів. Те ж сталося біля селищ Споторно і Нолі. В той же час тут уздовж берегів була прокладена автострада, і їй почали загрожувати процеси абразії та відступ кліфів. Під час будівництва наприкінці 60-х років звільнювалися сотні тисяч м³ ґрунтової маси скелястих гірських порід, її було використано для утворення вільного незакріпленого пляжу, як це спробували робити на берегах України. Але в Лігурії питома кількість наносів була більшою, бо дорівнювала майже 200 м³/м. І все ж тільки через 2 роки ця кількість була еродована, і пляж знову має первинні малі параметри. Процеси абразії берегів швидко відновилися.

Після повторних штучних ін'єкцій наносів на пляжі в Берджеджи, Споторно і Нолі впродовж наступних кількох років утворився аналогічний результат, як і наприкінці 60-х років. Такі наслідки підтверджують наш висновок про оптимальну ємність акумулятивних форм та їх динамічну сталість при незмінних інших природних умовах. Як вихід були застосовані буні кам'яно-накидного типу і штучні малі острови (діаметр до 25 м) перед пляжем на глибині 5-6 м. Ці споруди створили хвильову тінь, і наноси почали підтягуватися до місця їх розташування. Одночасно були відсипані штучні наноси ще раз і в кількості 160-190 м³/м. Після цього з обох флангів бун утворилися характерні тераси в відзмиковому і назмиковому кутах бун, а до островів росли перейми (томболо). Ширина пляжів узагалі зросла з 5-10 м до 80-120 м, довжина берегової лінії — майже в 2 рази. Відповідно, питома кількість хвильової енергії зменшилася в 1,6 рази. Таким чином, реалізувалися берегозахисні заходи б) і в) під впливом штучного насичення наносами шляхом створення пляжів і будівництва хвильоламних споруд у береговій зоні моря. Побудовані споруди стали працювати на утримання наносних відсипів. Втрати наносного матеріалу хоч і були, але тільки до 10% на рік, що в 5-7 разів менше, ніж за період до будівництва утримуючих бун і островів. Без такого будівництва не можна обійтися в умовах панування гострого дефіциту наносів у береговій зоні всіх зазначених вище морів.

Отже, виконані нами роботи показали відмінності та подібність у природі берегової зони Середземного моря в межах області Лігурія (Італія), з одного боку, Чорного і Азовського морів у межах України, з другого боку. Але скрізь штучні пляжі виступають як відповідна реакція на дефіцит наносів і як крок у напрямку насичення ними тієї ж берегової зони, щоб перенести енергію хвиль із руйнівних процесів на процеси збереження берегів. Щоб продовжити строки експлуатації таких пляжів і запобігти марних витрат, треба виконати заходи по утриманню пляжових наносів за допомогою зниження хвильової енергії гідротехнічними спорудами різноманітних типів.

Резюме

За результатами виконаних досліджень було визначено загальні риси геолого-геоморфологічної будови узбережжя та динаміки берегової зони Чорного і Середземного морів у межах України й Італії (область Лігурія). Характерними виявилися явища абразійного руйнування берегів разом із спорудами на цих берегах. Для берегозахисту вживаються штучні пляжі, що можуть бути сталими, довго існувати і ефективно захищати береги при умові активного живлення наносами і пониження хвильової енергії за допомогою наносотримуючих споруд.

Література

1. *Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов.* — М., 1962. — 170 с.
2. *Biancotti A., Brandolini P., Cassimatis M., Firpo M., Massaglia M., Piccazzo M., Terranova R. Morfologia ed evoluzione recente della fascia costiera tra Capo Berta e Capo Cervo (Liguria Occidentale) / Atti 11 Congresso Assoc. Italiana Oceanol. e Limnol.* — Sorrento 26-28.10.1994. Genova, 1996. — P. 411-422.
3. *Brandolini P., Spotorno M. Evoluzione recente del litorale compreso tra Capo Noli e punta Bergeggi (Liguria Occidentale) / Atti 11 Congresso Assoc. Italiana Oceanol. e Limnol.* — Sorrento 26-28.10.1994. Genova, 1996. — P. 679-690.
4. *Corradi N., Brandolini P., Spotorno M. Variazioni del litorale e utilizzo del suolo: il tratto costiero compreso tra Capo Vado e il promontorio del Priamar (Liguria Occidentale) / Atti 10 Congresso Assoc. Italiana Oceanol. e Limnol.* — Allasio 4-6.11.1992. Genova, 1994. — P. 233-244.
5. *Shuisky Y. D. Northern Black Sea and Sea of Azov / In: The World's Shoreline. E. Bird & M. Schwartz, eds.* — New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1985. — P. 467-472.
6. *Shuisky Y. D. Erosion and coastal defense on the Black Sea shores / In: Directiins in European Coastal Management EUCC. M. G. Healy & J. P. Doody, eds.* — Cardigan: Samara Publ. Ltd UK, 1995. — P. 207-212.
7. *Shuisky Y. D. Shoeline monitoring on the Ukrainian Coast of the Black Sea / In: Coastal Management and Habitat Conservation. A. H. P. M. Salman, M. J. Langeveid & M. Bonazountas, eds.* — Leiden: EUCC Press, 1996. — P. 377-388.