

Антропогенное воздействие на литодинамику береговой зоны южного и западного побережий Черного моря (обзор)

Т. В. Ефремова*, Ю. Н. Горячкин

Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия

**e-mail: efremova@mhi-ras.ru*

Поступила 24.12.2020 г.; принята к публикации 28.04.2021 г.; опубликована 25.06.2021 г.

Антропогенное воздействие на литодинамику береговой зоны изменяет естественную динамику донных наносов, что приводит к усилению абразии и размыву пляжей, активизации обвально-оползневых процессов и создает угрозу разрушения объектов прибрежной инфраструктуры. Цель статьи – дать обзор научной литературы, посвященной антропогенному воздействию на литодинамику береговой зоны южного и западного побережья Черного моря (берега Румынии, Болгарии и Турции). В работе показано, что при всех различиях в природных условиях береговых зон этих стран, виды антропогенного воздействия для них почти одинаковые. К ним можно отнести: гидротехническое строительство, не учитывающее воздействие на соседние участки побережья; уменьшение твердого стока рек из-за зарегулирования рек водохранилищами; строительство капитальных сооружений непосредственно на пляжах; незаконная добыча песка на пляжах и в руслах рек; дноуглубление с реализацией добытого материала строительным компаниям; закрытие клифов различными сооружениями; уничтожение прибрежных дюн и так далее. Основные негативные последствия этих действий выражаются в нарушении естественной динамики и дефиците донных наносов, изменениях береговой линии, снижении эстетической привлекательности и доступности берегов, разрушении береговых экосистем. В статье также приводятся сведения о законодательстве этих стран, касающиеся природопользования в береговой зоне.

Ключевые слова: Черное море, южное побережье, западное побережье, антропогенное воздействие, литодинамика, берегозащитные сооружения.

Благодарности: работа выполнена в рамках выполнения государственного задания № 0555-2021-0005.

Для цитирования: Ефремова Т. В., Горячкин Ю. Н. Антропогенное воздействие на литодинамику береговой зоны южного и западного побережий Черного моря (обзор) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. № 2. С. 5–29. doi:10.22449/2413-5577-2021-2-5-29

© Ефремова Т.В., Горячкин Ю. Н., 2021



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License

Anthropogenic Impact on the Lithodynamics of the Coastal Zone of the Southern and Western Black Sea Coast (Review)

T. V. Efremova*, Yu. N. Goryachkin

Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russia

**e-mail: efremova@mhi-ras.ru*

Submitted 24.12.2020; revised 28.04.2021; published 25.06.2021

Anthropogenic impact on lithodynamics of the coastal zone changes the natural dynamics of bottom sediments, which leads to increased abrasion and swelling of beaches, activation of landslide processes creating a threat of destruction of the coastal infrastructure. The article aims at providing an overview of the scientific literature on the anthropogenic impact on lithodynamics of the coastal zone of the southern and western coasts of the Black Sea (shores of Romania, Bulgaria and Turkey). The work shows that with all the differences in the natural conditions of the coastal zones of these countries the types of anthropogenic effects they undergo are almost the same. These include: hydrotechnical construction without regard to the impact on the neighbouring coast sections; reduction of solid river flow due to river regulation by reservoirs; construction of capital facilities directly on the beaches; illegal extraction of sand from beaches and river beds; dredging with sale of the extracted material to construction companies; covering of cliffs by various structures; destruction of coastal dunes, etc. The main negative consequences of these actions are reflected in disruption of natural dynamics and shortages of bottom sediments, changes in the coastline, reduced aesthetic attractiveness and accessibility of shores, destruction of coastal ecosystems. The article also provides information on the legislation of these countries regarding environmental management in the coastal zone.

Keywords: Black Sea, south coast, west coast, anthropogenic impact, lithodynamics, coastal protection structures.

Acknowledgments: the work was performed under state order no. 0555-2021-0005.

For citation: Efremova, T.V. and Goryachkin, Yu.N., 2021. Anthropogenic Impact on the lithodynamics of the Coastal Zone of the Southern and Western Black Sea Coast (Review). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 5–29. doi:10.22449/2413-5577-2021-2- 5-29 (in Russian).

Введение

История освоения берегов Черного моря насчитывает несколько тысячелетий. В настоящее время береговая зона Причерноморья значительно преобразована человеком и продолжает активно подвергаться влиянию антропогенного фактора. Продолжительное время на динамику береговой зоны воздействовали преимущественно естественные процессы, главным образом климатические изменения уровня моря и атмосферной циркуляции. Вмешательство человека относилось только к небольшим участкам берега, почти не влияя на объемы и перемещение донных наносов, что содействовало сохранности пляжей и прибрежных ландшафтов.

Со второй половины XX в. с развитием мировой экономики в целом и экономики причерноморских государств в частности началось освоение

новых участков берега. При этом возникли и негативные последствия вмешательства в природную среду. На сегодняшний день береговая зона Черного моря является объектом интенсивной хозяйственной деятельности шести причерноморских стран – трех бывших республик СССР (Россия, Украина, Грузия) и трех стран дальнего зарубежья (Румыния, Болгария и Турция). На побережье расположены города и курортные поселки, морские порты и аэропорты, промышленные зоны, рекреационные объекты, автомагистрали и т. п. Все это оказывает значительную нагрузку на береговую зону, изменяет естественную динамику донных наносов, что приводит к усилению абразии и размыву пляжей, активизации обвально-оползневых явлений. Эти процессы создают угрозу разрушения прибрежных жилых, транспортных, промышленных объектов; загрязнения окружающей среды; изменения конфигурации береговой линии, а также ведут к другим последствиям. Не останавливаясь подробно в рамках этой статьи на истории исследований антропогенного воздействия на береговую зону черноморского побережья, отметим основные обобщающие публикации, касающиеся береговой зоны стран бывшего СССР.

В монографиях В. М. Пешкова [1, 2], наряду с другими, рассматриваются вопросы воздействия разного рода гидротехнических сооружений на береговую зону северо-восточной части Черного моря. В монографии Р. Д. Косьяна и В. В. Крыленко [3] анализируются природные и антропогенные угрозы для устойчивости морских берегов Краснодарского края и факторы, лимитирующие их хозяйственное освоение. В работе [4] и монографии Ю. Н. Горячкина, В. В. Долотова [5] изложены отдельные аспекты антропогенного воздействия на берега Крымского п-ова. Влияние берегозащитных гидротехнических сооружений на сопредельные участки береговой зоны в северо-западной части Черного моря рассмотрено Ю. Д. Шуйским в работе [6].

Вопросам антропогенного воздействия на берега причерноморских стран дальнего зарубежья (Румынии, Болгарии и Турции) в отечественной литературе должного внимания не уделялось, хотя и существует определенный пласт таких научных публикаций на английском языке, а также на языках этих стран. К сожалению, доступ к этим изданиям, несмотря на наличие их онлайн-версий, из-за высокой стоимости ограничен для широкого круга исследователей и лиц, интересующихся этой проблематикой. Цель работы – сделать обзор научной литературы, посвященной антропогенному воздействию на берега Румынии, Болгарии и Турции, побережье которых составляет почти половину (49 %) всей береговой линии Черного моря (4869 км).

Побережье Румынии

По физико-географическим условиям побережье Румынии общей длиной 243 км можно разделить на два участка: северный (от границы с Украиной до м. Мидия \approx 160 км) и южный (от м. Мидия до границы с Болгарией \approx 83 км) (рис. 1). Для первого характерны дельтовые и первично-аккумулятивные деградирующие берега, для второго типичны берега абразионно-обвальные в глинистых породах с высокими обрывистыми клифами, прерываемые участками с пляжами. В 50-километровой прибрежной полосе живет около 1.1 млн человек.

Северный участок – это низменная территория, состоящая из полос песчаных отложений, отделяющих от моря либо заболоченные земли дельты



Р и с . 1 . Картограмма побережья Румынии

Fig. 1. Romania coastal map

длины береговой линии дельты Дуная более половины (55.6 %) подвержено размыву, на 29.6 % отмечается аккумуляция, 14.8 % находятся в динамическом равновесии и относительно стабильны [8]. Важные антропогенные изменения дельты Дуная были осуществлены во второй половине XIX в. Чтобы сгладить естественные изгибы реки и уменьшить расстояния от Черного моря до портов Дуная, был построен Сулинский канал [9]. В его устье,

Дуная, либо бывшие лагуны. Он является румынской частью «Биосферного заповедника дельты Дуная», входящего в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО и занимающего третье место в мире по биоразнообразию. Неширокие песчаные пляжи состоят из кварца (источник – твердый сток Дуная) и карбонатной фракции (раковины и фрагменты раковин) (рис. 2). Содержание последней увеличивается с севера на юг, от нескольких процентов в Сулине до более чем 90 % на юге участка. Таким образом, изменение минералогического состава связано с расстоянием до устья Дуная [7]. На всем протяжении берега, кроме небольшого курорта Гура Портицей, расположенного частично на искусственных пляжах, нет ни одного приморского населенного пункта (рис. 2).

В настоящее время из общей



Р и с . 2 . Типичный пляж в районе дельты Дуная (а), курорт Гура Портицей с берегозащитными сооружениями (б)

Fig. 2. A typical beach in the Danube Delta region (a), Gura Portitsei resort with bank protection structures (b)

а также на фарватере постоянно производились дноуглубительные работы, при этом вынутый грунт (в основном песок) сбрасывали в Черное море на глубинах более 20 м, т. е. безвозвратно изымали из береговой зоны. Только в период 1959–1984 гг. средний годовой объем дноуглубительных работ в устье р. Сулина составлял около 830 600 м³ [10]. Кроме этого, в нижнем течении Дуная в последнее столетие активно велось строительство плотин для гидроэнергетических целей, сооружение различных насыпей, спрямление русла и другие гидротехнические работы [11]. В результате всех этих воздействий годовой сток наносов Дуная сократился вдвое по сравнению с ситуацией в середине XIX в. (65 млн т/год) [12]. При этом наибольшее воздействие оказало строительство в море двух параллельных молов в виде каменных набросок с целью защиты судоходства по Сулинскому каналу. Они строились с конца XIX до конца XX в., и в настоящее время их длина достигла 8 км. Здесь необходимо отметить, что генеральное вдольбереговое движение наносов на румынском побережье направлено с севера на юг, поэтому защитные сооружения представляют собой ловушку для наносов, поступающих из Дуная.

В результате отложения песчаных наносов, переносимых вдольбереговым течением с севера, в районе румыно-украинской границы постепенно формировалась отмель. В конце 1970-х – начале 1980-х гг. она превратилась в косу, протяженность которой в 1985 г. составила около 3.5 км. В течение 1980–90-х гг. коса непрерывно и очень активно удлинялась к югу, а ее тело сдвигалось на запад. К началу XXI в. коса находилась примерно в 0.5 км к северу от пристани Сулина, превратив б. Мусура в лагуну с двумя бухтами (к северу и к югу от бывшего залива) [11]. В последнее время интенсивность процесса снизилась.

К югу от Сулинского канала до м. Мидия выделяются две литодинамические ячейки: Сулина и Затон-Мидия. В первой чередуются области равновесия и размыва (с типичной скоростью 5–25 м/год). К югу от б. Мусура зафиксированы самые высокие скорости размыва (28 м в 1967 г.). На границе двух ячеек, в месте резкого изменения направления простираения береговой линии, расположена Сакалинская коса, которая в настоящее время смещается на запад со средней скоростью более 15 м в год и вытягивается на юг. Ее динамика продолжительное время была предметом научных исследований [13].

Затон-Мидийская ячейка также имеет смешанную динамику. В северном секторе наблюдается размыв со скоростью 2–5 м/год, в центральных районах отмечается тенденция к аккумуляции (в среднем до 2 м/год), в южной части – к размыву (в среднем около 3 м/год). Однако ранее, в 1980-х гг., здесь, в районе Портия, отступление берега было очень значительным и угрожало узкой пересыпи между морем и лагуной. Оно было спровоцировано удлинением упомянутых выше молов в сторону моря от устья Сулины, что резко сократило вдольбереговой поток наносов. Тогда и был реализован проект по защите побережья в Гура Портицей. На сегодняшний день разрушение территории остановлено строительством берегозащитных сооружений, но южнее, где их нет, процесс отступления берега продолжается. В самой южной части северного участка румынского побережья, в гавани

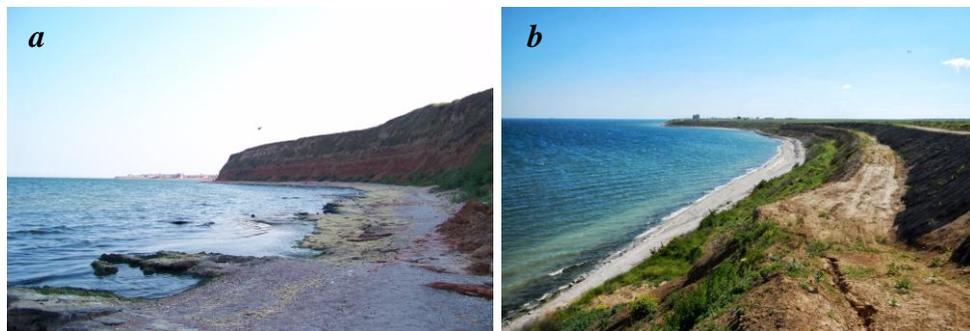
Мидия, находятся причалы (построенные поэтапно в 1940–1981 гг.), которые блокируют перенос донных наносов далее на юг.

Южный участок – это чередование высоких отвесных глинистых клифов, лежащих на верхнеэоценовых известняках, и низменных участков с пересыпями, отделяющих лагуны и лиманы от моря. На пересыпях располагается почти непрерывная цепь курортов, гаваней и самый крупный порт Румынии – Констанца. В северной части участка расположена знаменитая своими песчаными пляжами пересыпь в заливе Мамая. Тысячелетиями терригенный песок с Дуная переносился на юго-запад вдоль северной части румынского побережья и способствовал удлинению песчаных кос у входа в заливы и, наконец, их закрытию пересыпями.

Проблемы для пляжа Мамая начались в конце 1970-х гг., когда северный мол порта Мидия удлиненили до глубины 10 м и заблокировали таким образом перенос наносов на юг. Пляж Мамая, имевший еще в 60-х гг. XX в. ширину 100 м, к 1985 г. уменьшился до 50 м. В 1986–1991 гг. была произведена отсыпка пляжей и построены шесть бун в южной части залива. В результате этих мероприятий пляжи достигли почти прежней ширины, однако в последующие 15 лет продолжали уменьшаться, особенно в южной части пересыпи, со средней скоростью 2.25 м/год [14].

К югу от Мамая на 10 км протянулся закованный в бетон антропогенный берег – порт Констанца. Южнее почти весь берег (кроме южной части, ближе к границе с Болгарией) занимают абразионно-обвальные в глинистых породах берега с прислоненными пляжами (рис. 3). Имеются как активные, так и отмершие клифы. Средняя скорость абразии кромки клифа, определенная путем сравнения топографических карт 1924 г. и спутниковых изображений *Ikonos*, сделанных в 2002 г., оценивается в 0.5– 0.7 м/год [15]. Клифы отступают вследствие абразии их подножья и подъема уровня грунтовых вод во время сильных дождей, вследствие чего склон переувлажняется и становится неустойчивым. Отступление клифов в населенных пунктах пытаются замедлить сооружением каменных набросок у их основания, вне населенных пунктов – террасированием (рис. 3).

В обоих случаях это увеличивает дефицит наносов, поскольку прерывает естественный процесс их поступления в береговую зону как следствие



Р и с . 3 . Абразионный берег на южном участке (а); террасирование клифов (b)

Fig. 3. Abrasion shore in the southern section (a); terracing cliffs (b)

разрушения клифов. В [16] показано, что пляжевый материал к югу от Констанцы состоит из фрагментов ракушек и известняка, образующих бенч и подножье клифа. Большинство пляжей находятся под непосредственным влиянием антропогенного воздействия из-за значительного количества жестких защитных сооружений. В этом районе повсеместно отмечается отступление береговой линии со скоростями от 0.2 до 2.5 м/год, что реально угрожает прибрежным постройкам. Существенна и проблема образования застойных зон там, где водообмен ограничен гидротехническими сооружениями. Сами сооружения уже отработали запланированный срок и нуждаются в ремонте и модернизации.

Таким образом, основная проблема береговой зоны Румынии – дефицит наносов, вызванный двукратным сокращением твердого стока вследствие гидротехнических мероприятий в дельте Дуная. Местные проблемы, как правило, связаны со строительством причалов, шлюзов, дамб, бун и т. п. гидротехнических сооружений. Эти сооружения либо изменили естественную циркуляцию прибрежных наносов, либо вовсе их заблокировали. Кроме этого, для побережья Румынии характерны следующие виды антропогенного воздействия на береговую зону [13]:

- незаконная добыча песка с пляжей;
- возведение в зимний период длинных песчаных валов перед объектами рекреации;
- уничтожение прибрежных дюн;
- загрязнение, влияющее на популяцию моллюсков;
- внедрение чужеродных видов в Черное море с грузовыми судами и нефтяными танкерами (речь идет о появлении двустворчатого моллюска песчаная мия – *Mya arenaria*, впервые описанного в Румынии в 1972 г.).

Необходимо также отметить положительный эффект антропогенного воздействия – защиту от эолового выдувания песка посредством размещения тростниковых занавесей на пляжах.

Когда абразия захватила около 70 % пляжей южного побережья Румынии, тревога за их состояние заставила власти принять программу исследований с участием японских ученых и развернуть наблюдательную сеть на 34 участках этой части берега. Все румынские пляжи в течение последних 25 лет находятся под единым управлением и координацией Национальной администрации румынских вод (*Administrației Naționale Apele Române*) и Администрации прибрежного бассейна Добруджи. Идея внедрения централизованного управления прибрежной зоной состояла в том, чтобы избежать стратегий и планов развития для отдельных участков побережья, способных повредить другим. В Румынии, в отличие от многих других причерноморских государств, был принят генеральный план защиты и восстановления румынского побережья Черного моря (*Protecția și restaurarea zonei de coastă*), который выполняется при финансировании структур ЕС. Этот план основан на тщательной оценке динамики побережья и воздействия предлагаемых решений. В нем сочетаются мягкие решения (подпитка пляжей) и строительство защитных сооружений (подводных волноломов и восстановление существующих эффективных сооружений). Имеется и альтернатива, заключающаяся в отказе от каких-либо действий вдоль побережья

дельты Дуная. Первый этап проекта уже был реализован в районе Констанцы между 2012 и 2015 гг. На восстановление пляжей было потрачено 170 млн евро, стоимость второго этапа, по которому уже проводятся тендеры, – 500 млн евро.

Побережье Болгарии

Протяженность береговой линии Болгарии от границы с Румынией на севере до европейской части Турции на юге по последним данным составляет 414 км (рис. 4) [16]. Из них около 30 % (130 км) занимают песчаные пляжи, 60 % – скалистые клифы, оставшиеся 10 % – это низменные области лиманов и лагун, включая два больших залива (Варна и Бургас). Лиманы – это бывшие речные долины, затопленные в результате повышения уровня моря в голоцене. В настоящее время их конфигурация почти повторяет контуры старых речных долин. В прибрежных муниципалитетах проживает около 10 % населения страны. За счет туризма общая численность населения побережья летом увеличивается на 20 %, а на некоторых

курортах – более чем на 320 %.

В отличие от Румынии, для побережья Болгарии характерно большее разнообразие природных экосистем и типов берегов. С севера на юг это абразионно-обвальные в глинистых породах, абразионно-сбросовые выровненные в скальных породах берега, переходящие в абразионно-оползневые в рыхлых и полускальных породах. Южнее Варны абразионно-оползневые в глинистых породах берега сменяются абразионно-сбросовыми выровненными в скальных породах. На юге страны преобладают горно-абразионные мелкобухтовые (зубчатые) в скальных породах берега. По геоморфологической классификации обычно выделяют пять морфодинамических систем [17], расположенных в трех прибрежных административных районах (Добрич, Варна и Бургас).

На севере страны расположена *область Добрич* (протяженностью 97 км). Побережье области представлено разнообразием широких песчаных пляжей, обширных песчаных дюн, высоких



Р и с . 4 . Картосхема побережья Болгарии
F i g . 4 . Bulgarian coastal map

известняковых скал, пресных и солоноватых озер, водно-болотных угодий. Общая длина скалистого побережья составляет 60 км, песчаных пляжей – 37 км. Берегозащитными сооружениями и портами заняты 13.6 км [17].

В самой северной части побережья клифы из лёссовых отложений, подстилаемые верхнесарматскими известняками, отступают со средней скоростью от 0.30 до 1.6 м/год. На этом побережье участки клифов у мысов чередуются с обширными песчаными пляжами (до 120 м) на пересыпях озер. Пляжи, которые используются в основном неорганизованными туристами, сложены органическими среднезернистыми песками (0.25–0.50 мм) с высоким содержанием CaCO_3 (до 80–90 %) [18]. В районе курортного села Крапец находится третий по величине в Болгарии песчаный пляж длиной более 7.5 км, примыкающий к глинистому клифу, который интенсивно отступает со скоростью, достигающей 1.2–1.6 м/год [18]. Для защиты от абразии в селе была построена водопроницаемая дамба, эффективно защитившая клиф, однако при этом пляжи или резко сократились, или совершенно исчезли (рис. 5).

Далее к югу, от курорта Шабла до порта Балчик (третий по величине порт в Болгарии после Варны и Бургаса), на значительном протяжении следуют скалистые берега с клифами высотой до 25 м без пляжей или с небольшими карманными пляжами. По своему внешнему виду местность сходна с берегами Тарханкутского п-ва на западе Крыма.

Прибрежный участок между Балчиком и курортом Албена (10 км) отличается активными оползновыми процессами, которые способствуют прогрессирующей интенсивности абразии берега. Оползневый комплекс здесь состоит из больших и малых линейно-блочных и цирковых оползней. Вдольбереговой перенос донных наносов (как и на большей части болгарского побережья) направлен с севера на юг [19]. Попытки остановить абразию и оползневые процессы начались в XIX в., когда были построены небольшие насыпные каменные буны, которые оказались неэффективными. Позже, вплоть до сегодняшнего времени, применялись более сложные «жесткие» защитные меры. В конечном итоге это привело к тому, что сейчас побережье представляет собой причудливое сочетание сплошных берегоукрепительных сооружений различного типа – бетонные буны, опорные стены, дамбы, искусственные пляжи и т. п. (рис. 6).



Р и с . 5 . Вид берега в районе села Крапец

F i g . 5 . View of the coast near the village of Krapets



Р и с . 6 . Вид берега между г. Балчик и г. Албена

Fi g . 6 . View of the coast between the cities of Balchik and Albena

Проведение берегозащитных мероприятий привело к блокированию потока наносов и, как следствие, к исчезновению существовавших песчаных пляжей, безвозвратной потере материала с пляжей и мелководья, блокированию поступления материала с клифов, уничтожению прибрежных ландшафтов и экосистем. Немаловажно, что эстетическая привлекательность берегов существенно уменьшилась, а доступ к морю стал опасным [20].

В *Варненской области* между м. Святого Георгия на севере и м. Галата расположен Варненский залив. Прилегающий берег, сложенный из песчанников, мергелей и глин, имеет длину около 18 км, средняя скорость отступления клифов составляет 0.2 м/год [21]. Разнонаправленные потоки наносов от мысов встречаются в центральной части бухты, вследствие чего ранее здесь накапливались наносы. В течение голоцена этот процесс способствовал образованию большой песчаной Аспаруховской косы, отделяющей оз. Варна от моря. В б. Варна расположено несколько естественных и искусственных песчаных пляжей, сложенных из терригенного песка, со средним размером частиц 0.32 мм с преобладающим кварцевым компонентом и низким содержанием карбоната (5–15 %) [22, 23].

Вмешательство человека в природную среду началось в 1906 г., когда были построены мол длиной 1 км и навигационный канал. В последующие годы строительство портовых и берегозащитных сооружений продолжалось, особенно размах оно достигло в 80-х гг. XX в., когда была построена прибрежная дамба длиной 3 км и система непроницаемых бетонных бун. Кроме этого, ввиду заносимости фарватеров, регулярно проводилось дноуглубление. В последние десятилетия практиковалось строительство зданий непосредственно на пляжах. Вся эта деятельность привела к нарушению естественных динамических процессов, а береговая линия Варненского залива была необратимо изменена. В результате нарушения естественного питания прилегающих песчаных пляжей отдельные пляжи или исчезли, или существенно сократились, другие, напротив, расширились (как, например, Центральный пляж до 80-х гг. XX в.) [24, 25]. До вмешательства человека пляж Аспарухово (часть бывшей косы) постоянно рос из-за разгрузки здесь двух встречных потоков наносов, а в настоящее время длина его уменьшилась на 800 м [23]. В целом последствия антропогенного воздействия на береговую зону Варненского залива расцениваются как негативные, подробно они рассмотрены в [26, 27].

Существенна и проблема уменьшения поступления твердых наносов с речным стоком. Так, до начала 1990-х гг. для пляжа Камчия-Шкорпиловци была характерна аккумуляция наносов, при этом между 1958 и 1991 гг. береговая линия сместилась в сторону моря на 12.7 м [28]. Ситуация изменилась в результате антропогенного воздействия на р. Камчия – самую крупную болгарскую реку Черного моря, выносящую наибольшее количество наносов. Оно выразилось в строительстве водохранилищ, защитных дамб и других инженерных сооружений. Естественный сток наносов был нарушен, что привело к их дефициту в береговой зоне, который усугубился извлечением песка и галечного материала из русла реки. Всего на водосборе р. Камчия построено 82 искусственных водоема. После строительства трех водохранилищ в 1972–1973 гг. твердый сток снизился с 2.0 до 0.5 млн т/год. Как следствие, баланс наносов в районе устья р. Камчия был нарушен, что отрицательно повлияло на пляж Камчия-Шкорпиловци, уменьшив его площадь и ширину. В целом считается, что на побережье Болгарии сток твердых наносов сократился с 3.6 до 1.0 млн т/год [27].

Берега в северной части *области Бургас* сложены слабостойкими плейстоценовыми глинами, песками и рыхлыми песчано-известковистыми конгломератами. Южнее характерен абразионно-эрозионный тип побережья, занимающий около 70 % побережья. В алевролитах и глинах, которые образуют берега в северо-западной части Бургасского залива, между городами Поморие и Бургас, наблюдаются активные оползневые процессы, скорость отступления клифов достигает 1.2 м/год, в отдельных районах до 2.5 м/год [28]. Особенно уязвимыми для абразии являются районы вокруг г. Приморско и Сарафово. В самой южной части области показатели намного ниже и составляют всего около 0.01 м/год, т. к. берег сложен породами, устойчивыми к абразии [27].

Необходимо отметить, что в целом берегозащитными и портовыми сооружениями заняты 10 % побережья Болгарии. Наибольшее техногенное воздействие характерно, кроме Варны, для городов Балчик, Несебыр, Поморие и Бургас. Одним из негативных последствий жесткого закрытия берегов является уменьшение поступления наносов из-за разрушения клифов, что дополнительно усиливает абразию берегов. На болгарском побережье в период 1960–2008 гг. поступление наносов уменьшилось с 1.34 до 0.22 млн т/год, а длина незакрепленных участков клифов – с 271 до 219 км [27].

Общая для побережья Болгарии проблема – уничтожение прибрежных дюн, которые в недавнем прошлом были широко распространены. Однако из-за активизации деятельности человека площадь дюн постоянно уменьшается, в настоящее время они сохранились только на 10 % всей береговой линии. Общая длина песчаных дюн составляет 38 км, а общая площадь – 8.8 км². Наиболее крупные дюнные поля расположены в северной части побережья, есть они и в средней части, ряд более мелких дюнных комплексов отмечается в южной [29].

Между устьями рек Камчия и Фандаклийска на пляже Камчия-Шкорпиловци расположен самый большой на болгарском побережье дюнный комплекс протяженностью 7180 м и площадью до 2 км² – одно из приоритетных



Р и с . 7 . Дюны на пляже Камчия-Шкорпиловци (а), северная часть пляжа, где дюны уничтожены бульдозером (b)

F i g . 7 . Dunes on the beach of Kamchia-Shkorpilovtzi (a), the northern part of the beach, where the dunes are destroyed by a bulldozer (b)

мест для сохранения дюнных ландшафтов. К сожалению, часть их уже утрачена (рис. 7).

В два раза сократилась площадь дюн и в районе одного из самых известных морских курортов Болгарии – Солнечного берега. В недалеком прошлом до вмешательства человека пляж характеризовался типичным дюнным ландшафтом, а отдельные дюны достигали высоты 11 м. Однако значительная их часть была разрушена в ходе строительства отелей курорта.

Хотя песчаные дюны в Болгарии являются охраняемыми территориями, за последнее десятилетие они подверглись усиленному антропогенному воздействию, выразившемуся в быстрой прибрежной урбанизации – строительстве гостиниц и жилых домов, дорог, парковок, нерегулируемых кемпингов и «временных» построек на дюнах. Этому способствует слабая нормативно-правовая база, допускающая изменение зонирования побережья, а также наличие возле дюн строений, которые ухудшают их способность к самовосстановлению [29]. Кроме этого, дюны являются предметом незаконной добычи песка. Многочисленные исследования показывают, что дюны, расположенные вокруг быстро урбанизирующихся районов, как правило, не восстанавливаются после повреждения [30].

Таким образом, как и для береговой зоны Румынии, для побережья Болгарии основная проблема – дефицит наносов и нарушение их естественной динамики, вызванные в первую очередь гидротехническим строительством. Болгарскими исследователями выделены следующие основные их последствия [31]:

1. Утрата или изменение естественных форм рельефа.
2. Прерывание или уменьшение поступления наносов с клифов на соседние пляжи и прибрежные участки.
3. Потеря ценного песчаного материала с пляжей и мелководных территорий, засыпанных во время строительства дамб.
4. Негативное визуальное восприятие антропогенно-преобразованных береговых ландшафтов (людям нравится естественность и открытость побережий).

5. Потеря доступа к акватории, потенциальные риски для здоровья и безопасности от разрушенных берегозащитных сооружений.

Ученые констатируют, что, хотя за последние 100 лет были приняты многочисленные меры по защите берегов, возросшие темпы деградации берегов свидетельствуют о неэффективности этих мер. Они отмечают, что действующий с 2008 г. в Болгарии закон о развитии побережья Черного моря определяет правила управления, но в ограниченном объеме. В законе содержится ряд неоднозначных положений, касающихся точных определений прибрежной зоны, береговой линии, различных типов портовых и защитных сооружений и их стандартизации, включая точное определение и разграничение пляжей. Между учеными в области береговедения, специалистами по планированию и лицами, принимающими решения, нет взаимодействия, и большинство проектов было утверждено без оценки воздействия на окружающую среду. В результате основные районы на болгарском побережье были полностью урбанизированы за счет новых построек, таких как отели, жилые дома и другие объекты инфраструктуры, что привело к негативным последствиям. Считается, что для властей важно разработать планы устойчивого управления. В частности, следует уделить внимание мерам мягкой защиты, таким как сохранение пляжей и дюн, поскольку такие меры являются одним из лучших и наиболее эффективных способов защиты прибрежных районов [17, 32].

Побережье Турции

Протяженность береговой линии Турции от границы с Болгарией на западе до границы с Грузией на востоке около 1700 км [16], что составляет примерно 35 % всей береговой линии Черного моря (рис. 8). Внутренний (2 млн человек в год или 12 %) и иностранный туризм (170 тыс. человек или 1.5 %) на черноморском побережье, по сравнению со средиземноморским, относительно невелик, однако в последнее десятилетие динамично развивается [33].

Большую часть побережья от Босфора до Синопского залива занимают горно-абразионные мелкобухтовые (зубчатые) в скальных породах берега. Только на побережье от Босфора до Эрегли выделяются (примерно поровну) абразионно-сбросовые, выровненные в скальных породах, и абразионно-аккумулятивные мелкобухтовые первичного расчленения в глинистых



Р и с . 8. Картограмма побережья Турции

F i g . 8. Turkey coastal map

породах берега. Большую часть восточного побережья занимают абразионно-оползневые бухтовые берега в рыхлых и полускальных породах, прерываемые дельтовыми берегами рек Кызыл-Ирмак и Ешил-Ирмак. На побережье, прилегающем к границе с Грузией, выделяются горно-абразионные мелкобухтовые (зубчатые) в скальных породах. Таким образом, вдоль турецкого побережья широко распространены абразионные и денудационные побережья с крутыми скалистыми клифами. Типичные ландшафты – скалистые мысы, чередующиеся с карманными пляжами (рис. 9) [34]. Значительное разнообразие типов берегов отмечается на довольно коротком отрезке турецкого побережья от границы с Болгарией до Босфора. Здесь горно-абразионные мелкобухтовые (зубчатые) в скальных породах берега сменяют абразионно-сбросовые, выровненные в скальных породах, за ними следуют первично-аккумулятивные деградирующие и абразионно-оползневые в рыхлых и полускальных породах берега. Около 68 % береговой линии турецкого побережья Черного моря стабильно, на 23 % наблюдается аккумуляция наносов [35]. Наибольшие скорости размыва отмечаются локально вдоль песчаных низменных пляжей дельт рек Кызыл-Ирмак, Ешил-Ирмак и Сакарья. Здесь в отдельные годы величина отступления береговой линии достигает 10–30 м/год [36]. По мнению турецких ученых, если раньше изменения в береговой зоне определялись природными процессами, то в последние десятилетия все больше возрастает роль антропогенных факторов. К основным они относят строительство гидротехнических сооружений, уменьшение твердого стока рек, непродуманное строительство в береговой зоне и др. [37].

В одной из ранних работ турецких исследователей [38], посвященных вмешательству человека в природные береговые процессы, отмечалось, что в 1950-х гг. в восточной части побережья миграция из сельских районов в городские вызвала ряд проблем. Незаконное и непродуманное строительство непосредственно на берегах породило локальные очаги их отступления. Кроме этого, в 1960-х гг. здесь была построена вдольбереговая магистраль, защищенная отсыпкой из скальных пород. Волны, отраженные от этих



Р и с . 9. Карманный пляж в западной части черноморского побережья Турции (а). Разрушение прибрежных построек в г. Карасу (b)

Fig. 9. Pocket beach in the western part of the Black Sea coast of Turkey (a). Destruction of coastal structures in Karasu (b)

конструкций, вызвали деградацию пляжей, нарушили эстетическое восприятие ландшафтов, сделали море недоступным для населения. Позже для защиты берега была построена система бун, разработанная без учета их влияния на соседние участки побережья. Она нарушила прибрежную динамику наносов и вызвала, с одной стороны, аккумуляцию наносов, с другой, низовой размыв. Заиление гаваней привело к необходимости дноуглубительных работ, а добываемый песок продавался строительным компаниям, что усиливало дефицит наносов в береговой зоне. Отмечалась также негативная роль незаконной добычи песка и гравия на пляжах и в руслах рек [38].

Другим примером может служить деградация песчаного пляжа длиной 9 км у курортного города Карасу, расположенного восточнее устья р. Сакарья. Построенный здесь в 1996 г. Г-образный мол для рыбного порта длиной в корневой части 500 м полностью перекрыл вдольбереговой поток наносов, направленный от устья реки к востоку. В результате к 2013 г. песчаный берег отступил на 100 м. В последние годы размыв достиг угрожающих размеров, при этом отмечено разрушение прибрежных построек (рис. 9). Для предотвращения последствий, без тщательного изучения возможных результатов, были поспешно построены 12 бун длиной 25 м с расстоянием между ними 75 м. Эти меры привели к увеличению размыва в восточной части участка. Был инициирован новый проект – строительство 27 волноломов, параллельных береговой линии, на расстоянии 150 м от пляжа и 120 м в длину с промежутками между ними 75 м, но на сегодняшний день и это дорогостоящее мероприятие не дало ожидаемых результатов. Второстепенным фактором антропогенного воздействия явилось сокращение количества наносов, переносимых р. Сакарья, из-за ее зарегулирования. После завершения строительства плотины Гекчекая количество твердых наносов, выносимых рекой в море, снизилось с 8.4 (в 1972 г.) до 4.6 млн т/год. Общие потери площади берега в районе г. Карасу к 2013 г. составили около 500 000 м² [39, 40]. Из-за непродуманного строительства порта в г. Трабзоне его прибрежные районы потеряли в результате отступления берега около 600 000 м² береговой территории (между 2002 и 2005 гг.) [41].

Сокращение выноса твердого материала реками – общая проблема побережья. Так, дельта р. Кызыл-Ирмак подверглась существенному береговому размыву, вызванному сокращением твердого стока из-за возведения Алтынской плотины и устройства дренажных каналов в главном русле реки. Если до 1987 г. наблюдался рост дельты, то после завершения строительства начался процесс отступления берега [35]. Кроме этого, эксплуатация карьеров по добыче инертных материалов в русле реки оказала чрезвычайно негативное воздействие на естественную динамику наносов, и эта практика, к сожалению, все еще продолжается [42]. Дельта р. Кызыл-Ирмак, знаменитая песчаными грядами, дюнами и популяцией птиц, деградирует, хотя и находится под защитой Рамсарской конвенции.

Кроме отмеченных, есть еще один специфический для Турции вид антропогенного воздействия, который не отмечается в других причерноморских странах. В западной части турецкого побережья в районе Зонгулдака в течение примерно 170-летнего периода проводится добыча угля (80 % всей добычи в Турции). Отвалы пустой породы много лет сбрасывают

в прибрежных районах, в том числе и в море. Сравнение аэрофотоснимка 1944 г. региона Балкая вблизи Зонгулдака с современными космическими снимками показало, что там, где ранее побережье было полностью покрыто песчаными дюнами, сейчас находятся хранилища отходов карьеров [43].

В настоящее время в восточной части турецкого побережья реализован проект строительства черноморской прибрежной дороги, официально открытой в 2007 г. Эта дорога стоимостью 4.2 млрд долларов является одним из крупнейших инфраструктурных проектов Турции и соединяет Кавказ, Среднюю Азию и Турцию. Протяженность ее от границы с Грузией до г. Самсун более 500 км. Значительная часть магистрали проходит непосредственно вдоль береговой линии (рис. 10, *a*), что потребовало соответствующей защиты побережья и вызвало ряд проблем, связанный с нарушением естественной динамики наносов, которые до сих пор не решены. Другой крупный проект – сооружение первого в Черном море насыпного аэропорта



Рис. 10. Причерноморская магистраль в районе западнее г. Ризе (*a*), аэропорт между г. Орду и г. Гиресун (*b*)

Fig. 10. The Black Sea highway in the area west of Rize (*a*), the airport between Ordu and Giresun (*b*)

Орду-Гиресун (рис. 10, *b*), который тоже создал проблемы, связанные с нарушением динамики наносов. В районе г. Ризе (восточная часть) в настоящее время ведется строительство еще одного такого же аэропорта. При реализации этих проектов естественная береговая линия на отдельных участках была выдвинута в сторону моря за счет насыпного грунта.

Исчезновение естественных береговых линий, серьезное ухудшение состояния окружающей среды беспокоит турецких ученых и общественность. Они считают, что инженерные решения для защиты прибрежных зон значительно изменили морфологию побережья во многих районах и нужно пересмотреть концепцию защиты берегов. Так, в работе [44] рекомендуют использовать мягкие, а не жесткие защитные сооружения, поскольку они лучше всего подходят для природной среды, они дешевле, сохраняют наносы, а также обеспечивают комфортную среду обитания морской флоре и фауне.

На момент написания этой статьи всеобъемлющего рамочного закона для комплексного управления прибрежными районами в Турции не существовало. Есть закон о берегах 1990 г. с поправками 1992 г. (URL: <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.3621.pdf>). Цель этого закона сформулирована в статье 1: изложить принципы защиты моря, естественных и искусственных озер, берегов рек и береговых полос, которые являются продолжением этих мест и находятся под их влиянием, уделяя внимание их природным и культурным характеристикам, их использованию в общественных интересах и доступу на благо общества (*перевод наш – авт.*). По этому закону береговая полоса шириной не менее 100 м открыта для всех, в равной степени и свободно (статья 6). Вместе с тем этот закон противоречит некоторым другим законодательным актам Турецкой Республики ¹⁾.

Заключение

Сделанный нами обзор научной литературы, затрагивающей проблему антропогенного воздействия на береговую зону южного и западного побережий Черного моря, позволяет сделать следующие основные выводы:

1. В северной части побережья Румынии в результате гидротехнических работ в нижнем течении и дельте Дуная (строительство каналов, плотин для гидроэнергетических целей, сооружение различных насыпей, спрямления русла и т. п.) твердый сток р. Дунай сократился в два раза. Строительство двух параллельных молв в виде каменных набросок с целью защиты судоходства по Сулинскому каналу прервало вдольбереговую поток наносов. В результате была нарушена естественная динамика наносов, что привело к аккумуляции наносов в одних районах и к низовому размыву в других. Дноуглубительные работы с отсыпкой наносов в глубоководную зону усугубляют создавшийся дефицит наносов. В южной части побережья Румынии основное антропогенное воздействие выражается в строительстве причалов, шлюзов, дамб, бун и т. п. гидротехнических сооружений. Они либо изменили естественную циркуляцию прибрежных наносов, либо заблокировали их свободный перенос, что вызвало размыв примерно 70 % пляжей. Кроме этого,

¹⁾ PAP/RAC: Coastal Area Management in Turkey, Priority Actions Programme Regional Activity Centre, Split, 2005.

на побережье Румынии ведется незаконная добыча песка с пляжей и уничтожение прибрежных дюн. В отличие от многих причерноморских государств, в Румынии был принят генеральный план защиты и восстановления румынского побережья Черного моря, который выполняется при финансовой поддержке ЕС.

2. На побережье Болгарии без должной проработки проектов проведение берегозащитных мероприятий с целью остановить деградацию берегов и оползневые процессы дало негативные результаты. Часть побережья представляет собой сочетание сплошных берегоукрепительных сооружений различного типа. В итоге это привело к уменьшению или блокированию вдольберегового потока наносов. Следствием этого стало: исчезновение существовавших песчаных пляжей, безвозвратная потеря материала с пляжей и мелководья, блокирование поступления материала с клифов, уничтожение прибрежных ландшафтов и экосистем. Кроме этого, снизилась эстетическая привлекательность берегов и стал опасным доступ к морю. Наибольшее техногенное воздействие характерно для крупных прибрежных городов. Кроме традиционного строительства поперечных гидротехнических сооружений, ограничивающих поток наносов, в Болгарии в последние десятилетия практиковалось строительство капитальных сооружений непосредственно на пляжах. Зарегулирование р. Камчия – основной черноморской реки страны – уменьшило сток твердых наносов в четыре раза, что отрицательно повлияло на пляжи, прилежащие к устью. Общая для побережья Болгарии проблема – уничтожение прибрежных дюн, которые в недавнем прошлом были широко распространены. В Болгарии действует закон о развитии побережья Черного моря, который определяет правила управления береговой зоной, но в ограниченном объеме.

3. Антропогенное воздействие на береговую зону Турции выражается в строительстве гидротехнических сооружений, уменьшении твердого стока рек из-за их зарегулирования, непродуманном строительстве в береговой зоне. Наибольшая антропогенная нагрузка характерна для восточного побережья. Построенная здесь вдольбереговая магистраль защищена отсыпкой из скальных пород и другими сооружениями. Возведение этих конструкций вызвало деградацию пляжей, нарушило эстетическое восприятие ландшафтов, сделало море недоступным для населения. Незаконное и непродуманное строительство непосредственно на берегах породило локальные очаги деградации берегов. Кроме этого, для защиты берега была построена система бун, разработанная без учета их влияния на соседние участки побережья. Она нарушила прибрежную динамику наносов, вызвала, с одной стороны, аккумуляцию наносов, с другой – низовой размыв. Отмечается также негативная роль незаконной добычи песка и гравия с пляжей и в руслах рек. По мнению турецких ученых, инженерные решения для защиты прибрежных зон значительно изменили морфологию побережья во многих районах, концепция защиты берегов нуждается в пересмотре. Специфической для Турции является проблема отсыпки пустой породы от добычи угля непосредственно в море, в районе г. Зонгулдак. В Турции действует закон о берегах 1990 г. с поправками 1992 г. Однако он противоречит некоторым другим законодательным актам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пешков В. М.* Береговая зона моря. Краснодар : Лаконт, 2003. 350 с.
2. *Пешков В. М.* Галечные пляжи неприливых морей. Основные проблемы теории и практики. Краснодар, 2005. 444 с.
3. *Косьян Р. Д., Крыленко В. В.* Современное состояние морских аккумулятивных берегов Краснодарского края и их использование. М. : Научный мир, 2014. 256 с.
4. *Горячкин Ю. Н.* Антропогенное воздействие на черноморские берега Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь, 2010. Вып. 23. С. 193–198.
5. *Горячкин Ю. Н., Долотов В. В.* Морские берега Крыма. Севастополь : Колорит, 2019. 256 с.
6. *Шуїський Ю. Д.* Портовые сооружения и их влияние на береговую зону Черного моря // Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. 2019. Т. 24, вип. 1. С. 53–82. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.1\(34\).169712](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.1(34).169712)
7. *Stănică A., Panin N., Caraivan G.* Romania // Coastal Erosion and Protection in Europe / Eds. E. Pranzini, A. Williams. London : Routledge, 2013. Chapter 20. P. 396–412.
8. Danube Delta Coastline Evolution (1856–2010) / A. Vespremeanu-Stroe [et al.] // Landform Dynamics and Evolution in Romania. Springer, 2017. P. 551–564. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7_23
9. Longshore sediment transport pattern along Romanian Danube Delta Coast / L. Giosan [et al.] // Geo-Eco-Marina. 1997. Vol. 2. P. 11–24.
10. *Bondar C., Popa A., Stanica A.* Hydrologic, sedimentologic and morphologic processes in the Sulina mouth area // Proceedings of the “IUG/Commission of the Coastal Zones” Conference “the Delta’s state of the art”. 2000. P. 19–25.
11. *Stanica A., Sebastian D., Ungureanu V. G.* Coastal changes at the Sulina mouth of the Danube River as a result of human activities // Marine Pollution Bulletin. 2007. Vol. 55, iss. 10–12. P. 555–563. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.09.015>
12. *Ungureanu Gh., Stanica A.* Impact of human activities on the evolution of the Romanian Black Sea beaches // Lakes & Reservoirs: Research and Management. 2000. Vol. 5, iss. 2. P. 111–115. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1770.2000.00105.x>
13. Processes controlling the development of a river mouth spit / S. Dan [et al.] // Marine Geology. 2011. Vol. 280, iss. 1–4. P. 116–129. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2010.12.005>
14. Beach Erosion and Coastal Protection Plan along the Southern Romanian Black Seashore / K. Kurok [et al.] // Coastal Engineering. 2006. Vol. 5. P. 3788–3799. https://doi.org/10.1142/9789812709554_0318
15. *Constantinescu Ș., Giosan L.* Marginal deltaic coasts in transition: from natural to anthropogenic along the southern Romanian cliffed coast // Anthropocene. 2017. Vol. 19. P. 35–44. <https://doi.org/10.1016/J.ANCENE.2017.08.005>
16. *Stanchev H., Young R., Stancheva M.* Integrating GIS and high resolution orthophoto images for the development of a geomorphic shoreline classification and risk assessment – a case study of cliff/bluff erosion along the Bulgarian coast // Journal of Coastal Conservation. 2013. Vol. 17, iss. 4. P. 719–728. <http://dx.doi.org/10.1007/s11852-013-0271-2>
17. *Stancheva M.* Bulgaria // Coastal erosion and protection in Europe / Eds. E. Pranzini, A. Williams. London : Routledge, 2013. Chapter 19. P. 378–395. <https://doi.org/10.4324/9780203128558>

18. Coastal protected areas and historical sites in North Bulgaria Challenges, mismanagement and future perspectives / M. Stancheva [et al.] // *Ocean & Coastal Management*. 2016. Vol. 130. P. 340–354. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.07.006>
19. *Dachev V., Cherneva Z.* Longitudinal-coastal transfer of the deposits in the coastal region of the Bulgarian Black Sea coast between the cape of Sivriburun and the Bourgas bay // *Oceanology*. 1979. Vol. 4. P. 30–42.
20. Coastal Degradation Induced by Anthropogenic Impacts along the North Bulgarian Black Sea Shore / M. Stancheva [et al.] // Abstracts of the Conference of water observation and information system for decision support «BALWOIS», 25–29 May 2010, Ohrid, Macedonia. BALWOIS, 2010. Vol. 1. P. 236–237. URL: <https://drive.google.com/file/d/1N80g4Tk8MY3rjtSBYtmKkQBH1y3QTdH7/view> (date of access: 7.06.2021).
21. *Peychev V.* Morphodynamical and lithodynamical processes in coastal zone. Varna : Slavena Publishing House, 2004. 231 p.
22. *Dachev V. Z., Trifonova E. V., Stancheva M. K.* Monitoring of the Bulgarian Black Sea beaches // Maritime transportation and exploitation of ocean and coastal resources. London : Taylor and Francis. Balkema, 2005. P. 1411–1416.
23. Tracing the Asparuhovo beach changes in GIS environment (Bulgarian Black Sea Coast) / M. Stancheva [et al.] // *Problems of Geography*. Sofia : Bulgarian Academy of Sciences, 2009. P. 37–45.
24. Longshore sediment transport at Golden Sands (Bulgaria) / H. Nikolov [et al.] // *Oceanologia*. Vol. 48, iss. 3. P. 413–432. URL: <https://www.iopan.pl/oceanologia/483nikol.pdf> (date of access: 17.04.2021).
25. *Дачев В. Ж.* Генезис и еволюция на централния плаж на град Варна // *Трудове на Института по океанология*. 2003. Т. 4. С. 74–82.
26. Long-term coastal changes of Varna bay caused by anthropogenic influence / M. Stancheva [et al.] // *Geo-Eco-Marina*. 2011. Vol. 17. P. 33–40. doi:10.5281/zenodo.56892
27. *Peychev P., Stancheva M.* Changes of sediment balance at the Bulgarian Black Sea coastal zone influenced by anthropogenic impacts // *Comptes Rendus de l'Academie Bulgare des Sciences*. 2009. Vol. 62, iss. 2. P. 277–284.
28. *Пейчев В.* Абразионният процес на Българския черноморски бряг // *Брегоукрепване и дълготрайно стабилизиране на склоновете на Черноморското крайбрежие*. София : АИ «Проф. Марин Дринов», 1998. С. 139–142.
29. *Stancheva M.* Sand dunes along the Bulgarian Black sea coast // *Comptes rendus de l'Académie bulgare des sciences: sciences mathématiques et naturelles*. 2010. Vol. 63, iss. 7. P. 1038–1048.
30. Sand Dune Destruction Due to Increased Human Impacts along the Bulgarian Black Sea and Estonian Baltic Sea Coasts / M. Stancheva [et al.] // *Journal of Coastal Research*. 2011. Special Issue 64. P. 324–328.
31. Expanding level of coastal armouring: case studies from different countries / M. Stancheva [et al.] // *Journal of Coastal Research*. 2011. Special issue 64. P. 1815–1819.
32. *Stanchev H., Stancheva M., Young R.* Implications of population and tourism development growth for Bulgarian coastal zone // *Journal of Coastal Conservation*. 2015. Vol. 19, iss. 1. P. 59–72. doi:10.1007/s11852-014-0360-x
33. Downscaling of wave climate in the western Black Sea / B. Bingölbalı [et al.] // *Ocean Engineering*. 2019. Vol. 172. P. 31–45. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.11.042>

34. *Ertek A. T.* Coastal geomorphology of the Black sea coast of Turkey // Black Sea marine environment: the Turkish shelf. Istanbul : Turkish Marine Research Foundation, 2017. P. 14–31. URL: http://tudav.org/wp-content/uploads/2018/04/Black_Sea_Book_2017_TUDAV_low.pdf (date of access: 17.04.2021).
35. *Çiner A.* Coastal Landforms and Landscapes of Turkey // Landscapes and Landforms of Turkey / Edited by C. Kuzucuoğlu, A. Çiner, N. Kazancı. Springer, 2019. P. 233–247. doi:10.1007/978-3-030-03515-0_9
36. The Black Sea coastline erosion: index-based sensitivity assessment and management-related issues / F. Tătui [et al.] // Ocean and Coastal Management. 2019. Vol. 182. 104949. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104949>
37. The Coasts of Turkey / F. Kucuksezgin [et al.] // World Seas: an Environmental Evaluation / Edited by C. Sheppard. Academic Press, 2019. Volume One : Europe, The Americas and West Africa. P. 307–332. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805068-2.00015-2>
38. Coastal erosion in Eastern Black Sea Region / Ö. Yüksek [et al.] // Coastal Engineering. 1995. Vol. 26, iss. 3–4. P. 225–239. [https://doi.org/10.1016/0378-3839\(95\)00022-4](https://doi.org/10.1016/0378-3839(95)00022-4)
39. Temporal analysis of coastal erosion in Turkey: a case study Karasu coastal region / K. S. Görmüş [et al.] // Journal of Coastal Conservation. 2014. Vol. 18, iss. 4. P. 399–414. doi:10.1007/s11852-014-0325-0
40. Multi-temporal analysis and mapping of coastal erosion caused by open-mining areas / S. Kaya [et al.] // Environmental Forensics. 2008. Vol. 9, iss. 2–3. P. 271–276. doi:10.1080/15275920802123963
41. *Ozsahin E.* Human impact (N Turkey) on the Black Sea Shore // Black Sea basin studies / Edited by Yu. Makogon, D. Ekinci, I. Mangaltepe. Donetsk : Donetsk National University Publishing, 2011. P. 381–412.
42. *Berkun M., Aras E.* River sediment transport and coastal erosion in the southeastern Black Sea rivers // Journal of Hydrology and Hydromechanics. 2012. Vol. 60, iss. 4. P. 299–308. doi:10.2478/v10098-012-0026-z
43. Assessment of geo-environmental problems of the Zonguldak province (NW Turkey) / D. Turer [et al.] // Environmental Geology. 2008. Vol. 55, iss. 5. P. 1001–1014. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-1049-3>
44. The Black Sea – The Past, Present, and Future Status / A. Güneroğlu [et al.] // Coasts and Estuaries: The Future. Elsevier, 2019. P. 363–375. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814003-1.00021-6>

Об авторах:

Ефремова Татьяна Владимировна, инженер, Морской гидрофизический институт РАН (299011, Россия, Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), efremova@mhi-ras.ru

Горячкин Юрий Николаевич, главный научный сотрудник, Морской гидрофизический институт РАН (299011, Россия, Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), доктор географических наук, **ORCID ID: 0000-0002-2807-201X**, **ResearcherID: I-3062-2015**, yngor@mhi-ras.ru

Заявленный вклад авторов:

Ефремова Татьяна Владимировна – постановка проблемы, обработка и анализ литературных источников, подготовка текста статьи

Горячкин Юрий Николаевич – постановка проблемы, обработка и анализ литературных источников, подготовка текста статьи

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Peshkov, V.M., 2003. [*Coastal Zone of Sea*]. Krasnodar: Lakont, 350 p. (in Russian).
2. Peshkov, V.M., 2005. [*Pebble Beaches of Tideless Seas. Main Problems of Theory and Practice*]. Krasnodar, 444 p. (in Russian).
3. Kosyan, R.D. and Krylenko, V.V., 2014. *The Current State of the Black Sea and the Sea of Azov Accumulative Coasts and Recommendations about their Rational Using*. Moscow: Nauchny Mir, 256 p. (in Russian).
4. Goryachkin, Yu.N., 2010. Anthropogenic Impact on the Black Sea Coast of Crimea. In: MHI, 2005. *Ekologicheskaya Bezopasnost' Pribrezhnykh i Shel'fovykh Zon i Kompleksnoe Ispol'zovanie Resursov Shel'fa* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources]. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika. Iss. 23, pp. 193–198 (in Russian).
5. Goryachkin, Yu.N. and Dolotov, V.V., 2019. *Sea Coasts of Crimea*. Sevastopol: Colorit, 256 p. (in Russian).
6. Shuisky, Yu.D., 2019. Sea-Port Constructions and their Impact on the Black Sea Coastal Zone. *Odesa National University Herald. Geography and Geology*, 24(1), pp. 53–82. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.1\(34\).169712](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.1(34).169712) (in Russian).
7. Stanica, A., Panin, N. and Caraivan, G., 2012. Romania. In: E. Pranzini and A. Williams, eds., 2013. *Coastal Erosion and Protection in Europe*. London: Routledge, pp. 396–412.
8. Vespremeanu-Stroe, A., Tătui, F., Constantinescu, Ș. and Zăinescu, F., 2017. Danube Delta Coastline Evolution (1856–2010). In: M. Radoane and A. Vespremeanu-Stroe, eds. *Landform Dynamics and Evolution in Romania*. Springer, pp. 551–564. doi:10.1007/978-3-319-32589-7_23
9. Giosan, L., Bokuniewicz, H., Panin, N. and Postolache, I., 1997. Longshore Sediment Transport Pattern along Romanian Danube Delta Coast // *Geo-Eco-Marina*, 2, pp. 11–24.
10. Bondar, C., Popa, A. and Stanica, A., 2000. Hydrologic, Sedimentologic and Morphologic Processes in the Sulina Mouth Area. In: Proceedings of the “IUG/Commission of the Coastal Zones” Conference “the Delta’s state of the art”, pp. 19–25.
11. Stanica, A., Sebastian, D. and Ungureanu, V.G., 2007. Coastal Changes at the Sulina Mouth of the Danube River as a Result of Human Activities. *Marine Pollution Bulletin*, 55(10–12), pp. 555–563. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.09.015>
12. Ungureanu, Gh. and Stanica, A., 2000. Impact of Human Activities on the Evolution of the Romanian Black Sea Beaches. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 5(2), pp. 111–115. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1770.2000.00105.x>
13. Dan, S., Walstra, D.J., Stive, M.J.F. and Panin, N., 2011. Processes controlling the development of a river mouth spit. *Marine Geology*, 280(1–4), pp. 116–129. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2010.12.005>
14. Kurok, K., Goda, Y., Panin, N., Stanica, A., Diaconeasa, D. and Babu, G., 2006. Beach Erosion and Coastal Protection Plan along the Southern Romanian Black Seashore. *Coastal Engineering*, (5), pp. 3788–3799. https://doi.org/10.1142/9789812709554_0318
15. Constantinescu, Ș. and Giosan, L., 2017. Marginal Deltaic Coasts in Transition: from Natural to Anthropogenic along the Southern Romanian Cluffed Coast. *Anthropocene*, 19, pp. 35–44. <https://doi.org/10.1016/J.ANCENE.2017.08.005>
16. Stanchev, H., Young, R. and Stancheva, M., 2013. Integrating GIS and High Resolution Orthophoto Images for the Development of a Geomorphic Shoreline Classification and Risk Assessment – a Case Study of Cliff/Bluff Erosion along the Bulgarian Coast. *Journal of Coastal Conservation*, 17(4), pp. 719–728. <http://dx.doi.org/10.1007/s11852-013-0271-2>

17. Stancheva, M., 2013. Bulgaria. In: E. Pranzini and A. Williams, eds., 2013. *Coastal Erosion and Protection in Europe*. London: Routledge, pp. 378–395. <https://doi.org/10.4324/9780203128558>
18. Stancheva, M., Stanchev, H., Peev, P., Anfuso, G. and Williams, A.T., 2016. Coastal Protected Areas and Historical Sites in North Bulgaria Challenges, Mismanagement and Future Perspectives. *Ocean & Coastal Management*, 130, pp. 340–354. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.07.006>
19. Dachev, V. and Cherneva, Z., 1979. Longitudinal-Coastal Transfer of the Deposits in the Coastal Region of the Bulgarian Black Sea Coast between the Cape of Sivriburun and the Bourgas Bay. *Oceanology*, (4), pp. 30–42.
20. Stancheva, M., Peychev, V., Palazov, A., Marinski, J. and Stanchev, H., 2010. Coastal Degradation Induced by Anthropogenic Impacts along the North Bulgarian Black Sea Shore. In: M. Morell, C. Popovska, O. Morell and V. Stojov, eds., 2010. *Abstracts of the Conference of water observation and information system for decision support «BALWOIS», 25–29 May 2010, Ohrid, Macedonia*. BALWOIS, 2010. Vol. 1, pp. 236–237. Available at: <https://drive.google.com/file/d/1N80g4Tk8MY3rjtSBYtmKkQBQ1y3QTdH7/view> [Accessed: 7 June 2021].
21. Peychev, V., 2004. *Morphodynamical and Lithodynamical Processes in Coastal Zone*. Varna: Slavena Publishing House, 231 p. (in Bulgarian).
22. Dachev, V.Z., Trifonova, E.V. and Stancheva, M.K., 2005. Monitoring of the Bulgarian Black Sea beaches. In: C. Guedes Soares, Y. Garbatov and N. Fonseca, eds., 2005. *Maritime Transportation and Exploitation of Ocean and Coastal Resources*. London: Taylor and Francis, pp. 1411–1416.
23. Stancheva, M., Peychev, V., Palazov, A., Marinski, J. and Stanchev, H., 2009. Tracing the Asparuhovo Beach Changes in GIS Environment (Bulgarian Black Sea Coast). *Problems of Geography. Book 4*. Sofia: Bulgarian Academy of Sciences, pp. 37–45.
24. Nikolov, H., Trifonova, E., Cherneva, Zh., Ostrowski, R., Skaja, M. and Szymkiewicz, M., 2006. Longshore Sediment Transport at Golden Sands (Bulgaria). *Oceanologia*, 48(3), pp. 413–432. Available at: <https://www.iopan.pl/oceanologia/483nikol.pdf> [Accessed: 17 April 2021].
25. Dachev, V., 2003. Genesis and Evolution of Varna Central Beach. *Trudove na Instituta po Okeanologiya = Proceedings of the Institute of Oceanology*, 4, pp. 74–82.
26. Stancheva, M., Marinski, J., Peychev, V., Palazov, A. and Stanchev, H., 2011. Long-term Coastal Changes of Varna Bay Caused by Anthropogenic Influence. *Geo-Eco-Marina*, 17, pp. 33–40. doi:10.5281/zenodo.56892
27. Peychev, P. and Stancheva, M., 2009. Changes of Sediment Balance at the Bulgarian Black Sea Coastal Zone Influenced by Anthropogenic Impacts. *Comptes Rendus de l'Academie Bulgare des Sciences*, 62(2), pp. 277–284.
28. Peychev, V., 1998. Erosion Process along the Bulgarian Black Sea Coast. In: BAS, 1998. *Protection and Long-term Stabilization of the Slopes of the Black Sea Coast*. Sofia: Academic Publishing house “Prof. Marin Drinov”, pp. 139–142 (in Bulgarian).
29. Stancheva, M., 2010. Sand Dunes along the Bulgarian Black Sea Coast. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des sciences*, 63(7), pp.1038–1048.
30. Stancheva, M., Ratas, U., Orviku, K., Palazov, A., Ravis, R., Kont, A., Peychev, V., Tõnisson, H. and Stanchev, H., 2011. Sand Dune Destruction Due to Increased Human Impacts along the Bulgarian Black Sea and Estonian Baltic Sea Coasts. *Journal of Coastal Research*, 64, pp. 324–328.

31. Stancheva, M., Rangel-Buitrago, N., Anfuso, G., Palazov, A., Stanchev, H. and Correa, I., 2011. Expanding Level of Coastal Armouring: Case Studies from Different Countries. *Journal of Coastal Research*, 64, pp. 1815–1819.
32. Stanchev, H., Stancheva, M. and Young, R., 2015. Implications of Population and Tourism Development Growth for Bulgarian Coastal Zone. *Journal of Coastal Conservation*, 19(1), pp. 59–72. doi:10.1007/s11852-014-0360-x
33. Bingölbali, B., Akpınar, A., Jafali, H. and Van Vledder, G.P., 2019. Downscaling of Wave Climate in the Western Black Sea. *Ocean Engineering*, 172, pp. 31–45. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.11.042>
34. Ertek, A.T., 2017. Coastal Geomorphology of the Black Sea Coast of Turkey. In: M. Sezgin, L. Bat, D. Ürkmez, E. Arıcı and B. Öztürk, eds., 2017. *Black Sea Marine Environment: the Turkish Shelf*. Publication No. 46. Istanbul: Turkish Marine Research Foundation, pp. 14–31. Available at: http://tudav.org/wp-content/uploads/2018/04/Black_Sea_Book_2017_TUDAV_low.pdf [Accessed: 18 April 2021].
35. Çiner, A., 2019. Coastal Landforms and Landscapes of Turkey. In: C. Kuzucuoğlu, A. Çiner and N. Kazancı, eds., 2019. *Landscapes and Landforms of Turkey*, Springer, pp. 233–247. doi:10.1007/978-3-030-03515-0_9
36. Tătui, F., Pîrvan, M., Popa, M., Aydoğan, B., Ayat, B., Görmüş, T., Korzinin, D., Văidianu, N., Vespremeanu-Stroe, A. [et al.], 2019. The Black Sea Coastline Erosion: Index-Based Sensitivity Assessment and Management-Related Issues. *Ocean and Coastal Management*, 182, 104949. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104949>
37. Kucuksezgin, F., Pazi, I., Kocak, F., Gonul, T., Duman, M. and Eronat, H., 2019. The Coasts of Turkey. In: C. Sheppard, ed., 2019. *World Seas: an Environmental Evaluation*. Academic Press, pp. 307–332. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805068-2.00015-2>
38. Yüksek, Ö., Önsoy, H., Birben, A.R. and Özölçer, İ.H., 1995. Coastal Erosion in Eastern Black Sea Region. *Coastal Engineering*, 26(3–4), pp. 225–239. [https://doi.org/10.1016/0378-3839\(95\)00022-4](https://doi.org/10.1016/0378-3839(95)00022-4)
39. Görmüş, K.S., Kutoğlu, Ş.H., Şeker, D.Z., Özölçer, İ.H., Oruç, M. and Aksoy, B., 2014. Temporal Analysis of Coastal Erosion in Turkey: a Case Study Karasu Coastal Region. *Journal of Coastal Conservation*, 18(4), pp. 399–414. doi:10.1007/s11852-014-0325-0
40. Kaya, S., Sertel, E., Seker, D.Z. and Tanik, A., 2008. Multi-Temporal Analysis and Mapping of Coastal Erosion Caused by Open-Mining Areas. *Environmental Forensics*, 9(2–3), pp. 271–276. doi:10.1080/15275920802123963
41. Ozsahin, E., 2011. Human Impact (N Turkey) on the Black Sea Shore. In: Yu. Makogon, D. Ekinci and I. Mangaltepe, eds., 2011. *Black Sea Basin Studies*. Donetsk: Donetsk National University Publishing, pp. 381–412.
42. Berkun, M. and Aras, E., 2012. River Sediment Transport and Coastal Erosion in the Southeastern Black Sea Rivers. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 60(4), pp. 299–308. doi: 10.2478/v10098-012-0026-z
43. Turer, D., Nefeslioglu, H.A., Zorlu, K. and Gokceoglu, C., 2008. Assessment of Geo-Environmental Problems of the Zonguldak Province (NW Turkey). *Environmental Geology*, 55(5), pp. 1001–1014. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-1049-3>
44. Güneroğlu, A., Samsun, O., Feyzioğlu, M. and Dihkan, M., 2019. The Black Sea – The Past, Present, and Future Status. In: E. Wolanski, J. W. Day, M. Elliott and R. Ramachandran, eds., 2019. *Coasts and Estuaries: The Future*. Elsevier, pp. 363–375. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814003-1.00021-6>

About the authors:

Tatiana V. Efremova, Engineer, Marine Hydrophysical Institute of RAS (2 Kapitanskaya St., Sevastopol, 299011, Russian Federation), *efremova@mhi-ras.ru*

Yuri N. Goryachkin, Chief Research Associate, Marine Hydrophysical Institute of RAS (2 Kapitanskaya St., Sevastopol, 299011, Russian Federation), Dr.Sci. (Geogr.), **ORCID ID: 0000-0002-2807-201X**, **ResearcherID: I-3062-2015**, *yngor@mhi-ras.ru*

Contribution of the authors:

Tatiana V. Efremova – task setting, processing and analysis of literature, article text preparation

Yuri N. Goryachkin – task setting, processing and analysis of literature, article text preparation

All the authors have read and approved the final manuscript.