© Крыленко В.В., Косьян Р.Д., Крыленко М.В., 2021, Океанологические исследования, 2021, Том 49, № 1, С. 68–92

УДК: 551.435.3, 551.468, 910.3 DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2021.49(1).5

БЕРЕГА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

Крыленко В.В., Косьян Р.Д., Крыленко М.В.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,
e-mail: krylenko.slava@gmail.com
Статья поступила в редакцию 27.02.2021, одобрена к печати 24.03.2021.

Черноморское побережье Кавказа изобилует ценнейшими хозяйственными, в первую очередь – рекреационными ресурсами. Одновременно береговые геосистемы являются ключевым элементом в поддержании природного биоразнообразия всего региона. В статье приведён обзор современного состояния абразионных и аккумулятивных берегов Чёрного моря на участке м. Панагия – р. Туапсе. В работе использованы материалы многолетних мониторинговых наблюдений, спутниковых съёмок, результаты математического моделирования, литературные и архивные источники. Рассмотрены важнейшие природные процессы, определяющие развитие берегов, и выполнен анализ их динамики в ходе наблюдаемых изменений климата и возрастающей антропогенной нагрузки. Показано, что множество природных и социально-экономических факторов определили существенные отличия отдельных участков северо-западной части черноморского побережья Кавказа по природным особенностям и степени их хозяйственного освоения. Преобладают абразионные берега с высокими клифами, где основным поставщиком обломочного материала в береговую зону являются денудационные процессы непосредственно на береговом склоне. Наблюдается повсеместный дефицит пляжеобразующих наносов, в результате единый вдольбереговой поток наносов отсутствует. Характерны ограниченные мысами небольшие литодинамические системы, внутри которых перемещение наносов имеет характер встречных миграций, а формирование пляжей приурочено лишь к вогнутостям берега. Имеется единственная крупная аккумулятивная форма – Анапская пересыпь, в формировании которой важнейшую роль сыграл аллювий реки Кубань. Геоморфологической особенностью Черноморского побережья Кавказа является преобладание эрозионных процессов над аккумулятивными, поэтому основными проблемами природопользования являются защита берега от воздействия волн и дефицит пляжей. Наиболее перспективным решением данных проблем в XXI веке стало создание искусственных пляжей в комплексе с пляжеудерживающими сооружениями, выполняющими одновременно берегозащитные и рекреационные функции. Отмечено, что условия рассматриваемого участка побережья благоприятны для использования локальной берегозащиты.

Ключевые слова: Черное море, морские берега, абразия, аккумуляция, пляж, мониторинг, берегозащита, природопользование

1. Введение

Общая длина береговой линии Чёрного моря – 3400 км. Протяжённость Черноморского побережья России от м. Панагия до реки Псоу – около 400 км. Характер антропогенного освоения данного побережья, как в прошлом, так и в настоящее время, в значительной степени определяется физико-географическими факторами (Kos'yan, Magoon, 1993; Косьян, Крыленко, 2018). Основным из этих факторов является наличие Главного Кавказского хребта, протянувшегося вдоль восточного побережья Чёрного моря. Наличие гор определяло плохую транспортную доступность региона и сложность его освоения. Тем не менее, в настоящее время в прибрежной полосе проживает значительная часть населения Краснодарского края, регион является главной рекреационной зоной России, тут размещены важные транспортные коммуникации федерального и международного значения (Косьян, Крыленко, 2014; Косьян и др., 2012). На участке к югу от г. Туапсе берега практически полностью техногенно преобразованы, имеется большое количество берегозащитных конструкций (Kosyan et al., 2005). Берега севернее г. Туапсе большей частью сохранили свой первоначальный облик (кроме крупных населённых пунктов и портов), поэтому представляют большой интерес для изучения природных процессов, протекающих в береговых геосистемах.

Рис. 1. Схема Черноморского побережья Краснодарского края

Черноморское побережье Кавказа – один из первых участков, на котором отрабатывалась практика изучения и создавалась теория развития морских берегов, применялись технологии как локальной, так и комплексной защиты берега. В результате это побережье традиционно относят к участкам с хорошо изученными береговыми процессами. В крупных, целенаправленных исследованиях геолого-геоморфологических, палеогеографических, литодинамических, биологических особенностей рассматриваемого побережья можно отметить вклад Института океанологии РАН и его Южного отделения; Географического факультета МГУ; ГУП «Кубаньгеология», Новороссийского учебного и научно-исследовательского морского биологического центра (НУНИМБЦ), НИЦ «Морские берега».

В конце XX века произошли кардинальные изменения в системе организации и финансирования научных и прикладных исследований. Изучение берегов и другие исследования стали осуществляться локально, что существенно ограничивало возможности комплексного изучения крупных береговых геосистем. Однако с развитием новых технологий получения и обработки натурных данных, прежде всего, данных дистанционного зондирования, были выявлены ранее неизвестные закономерности и взаимосвязи, определяющие развитие берегов (Косьян, Крыленко, 2018).

В целом, в пределах российского сектора кавказского берега Чёрного моря выделяют две большие литодинамические системы с границей раздела в районе мыса Кодош (северная окраина г. Туапсе). Наиболее важными отличиями систем являются состав источников питания береговой зоны наносами и характер динамики наносов. В северо-западной зоне вдольбереговой поток наносов выражен неявно или вовсе отсутствует. Береговая зона представлена небольшими литодинамическими ячейками, приуроченными к отдельным бухтам, где возможно формирование устойчивых пляжей, питание которых происходит за счёт местного материала, реже – за счёт обмена с соседними бухтами. В юго-восточной зоне (к югу от м. Кодош) вдольбереговой поток наносов приобретает более выраженный характер (Kosyan et al., 2005; Косьян, 2013). В данной работе рассматриваются особенности берегов северо-западной части Черноморского побережья Кавказа от м. Панагия до р. Туапсе.

2. Климатическая и гидрометеорологическая характеристика участка

Климат восточного побережья Чёрного моря формируется под влиянием макроциркуляционных процессов, протекающих в средиземноморском климатическом регионе. Основные сезонные особенности погоды определяются взаимодействием Сибирского и Азорского максимумов, Азиатского минимума и Средиземноморского зимнего циклона. Местные особенности, главным образом орография, создают заметные климатические отличия одних районов от других.

Северо-западная часть черноморского кавказского побережья России (к северу от р. Туапсе) относится к северной части субтропического пояса сухого типа. Климат сходен со средиземноморским типом (довольно тёплая влажная зима, жаркое

и сухое лето), но зимой регион доступен воздействию северных воздушных масс. В районе Таманского полуострова, где гор нет, в осенне-зимний период преобладают ветра С, СВ, В румбов. В летние месяцы возрастает повторяемость ветров от СЗ до ЮВ. В целом, ветровой режим от г. Анапа до г. Туапсе характеризуется преобладанием ветров СВ, Ю, ЮЗ, З направлений. Высота гор, защищающих побережье от северных ветров, недостаточна, и вплоть до г. Туапсе отмечаются прорывы холодных воздушных масс. Наиболее подвержен данному явлению участок побережья от г. Новороссийска до г. Геленджика. На фоне мягкой зимы с положительными среднемесячными температурами практически каждую зиму отмечаются морозы до минус 10°–15°, в суровые зимы до минус 25°. Минимальные среднемесячные температуры приходятся на январь, максимальные – на июль. Средние температуры января – от +1° до +4°, июля – около +23°. Среднегодовая температура – +12°–14°. Годовая норма осадков составляет 400–600 мм; режим осадков – зимний максимум при летней засушливости. Количество солнечных дней в году – 300 и более (Альтман, Симонов, 1991; Косьян, 2013).

Чёрное море относится к неприливным морям, ход уровня определяется изменениями составляющих водного баланса. Сезонные изменения уровня моря на восточном побережье являются следствием колебания речного стока и притока вод из Азовского моря. Максимальные уровни наблюдаются в июне, наиболее низкие – в октябре–ноябре. Кроме того, наблюдаются синоптические колебания уровня, зависящие от уровня штормовой активности. Размах возможных колебаний уровня моря не превышает 1 м (Krylenko, Krylenko, 2017).

Главным структурным элементом генеральной циркуляции вод в Чёрном море является Основное Черноморское течение (ОЧТ). В квазистационарном состоянии ОЧТ у российского побережья занимает полосу около 30–35 миль и несёт свои воды вдоль берега на северо-запад. В результате взаимодействия ОЧТ с дном, над шельфом и верхней частью континентального склона образуются прибрежные антициклонические вихревые структуры (ПАВ) с характерными размерами от 2–3 до 15–20 миль. Благодаря воздействию ПАВ, на российском шельфе наблюдается бимодальный режим течений с периодической сменой северо-западного направления на юго-восточное. Максимальная скорость течений над шельфом обычно не превышает 1–1.2 м/с (Кривошея и др., 1998).

Наибольшее влияние на формирование штормового волнения оказывают ветра Ю, ЮЗ и З румбов и характерно преобладание штормового волнения З, ЮЗ, Ю направлений (Бухановский и др., 2000). Высоты волн с данных направлений могут достигать 6.0 м и более. Максимальная высота волны, зарегистрированная во время натурных наблюдений, превышала 12.3 м (Divinskii et al., 2003). При такой высоте волн наблюдаются и самые длинные волны – до 120–200 м. В динамическом аспекте для СВ части Чёрного моря можно выделить сезоны: зимний (декабрь–февраль), летний (апрель–сентябрь) и переходные (март, октябрь–ноябрь). Различная синоптическая активность способствует преобладанию чисто ветрового волнения в зимний сезон и смешанного – в летний и переходный (Косьян, 2013).

3. Абразионные берега

3.1. Берега Таманского полуострова

На черноморском побережье России единственный участок абразионных берегов, сложенных рыхлыми породами, – это берега Таманского полуострова (рис. 1). Границей Чёрного и Азовского морей является мыс Панагия, от которого к северу расположен Керченский пролив, относящийся к акватории Азовского моря. Черноморские берега Таманского полуострова недостаточно изучены специалистами по динамике береговой зоны моря. В литературе имеется мало сведений о береговых процессах, а также о процессах прибрежной динамики на этом участке. Исследования, позволяющие на базе инструментальных наблюдений определить направление и ёмкость потока наносов, проводились только Южным отделением Института океанологии РАН.

Самый северный участок рассматриваемого берега м. Панагия – м. Железный Рог ограничен естественными мысами. Мыс Панагия сложен мшанковыми известняками, далее в море возвышаются скалы из кораллового известняка (рис. 2А). От мыса Панагия к югу берег в плане представляет собой плавную дугу, внутри которой расположены бухты более мелкого порядка (рис. 2Б). У подножья берегового уступа имеется песчаный с примесью гальки и ракуши пляж шириной 5–20 м. На мысах обычны прислоненные галечно-ракушечные пляжи шириной 1–5 м. Источником питания пляжей являются продукты абразии и ракуша. Вплоть до м. Железный Рог, берег, почти на всем протяжении, за исключением мысов, сложен легкоразмываемыми породами – суглинками и глинами с прослоями песка, аргиллитов и железистых песчаников. Высота абразионных уступов – от 10 до 35 м, у мысов высота увеличивается, в районе мыса Железный Рог она достигает 65 м. Мыс Железный Рог покоится на основании из ожелезненных песчаников, ракушечников и известняков, отличающихся более высокой устойчивостью к воздействию абразии. Широкий выступ мыса Железный Рог связан с выходами прочного железорудного слоя (рис. 2В). Характерен состав гальки и валунов у подножия мыса. Тут в изобилии валуны и округлая ярко-рыжая галька различной степени окатанности, нехарактерная для других участков. Кроме того, на шельфе вблизи мыса имеются банки, сложенные теми же породами. Отдельные скалистые выступы с толщей воды над ними – 4–5 м расположены на расстоянии 1600–2800 м от берега. Останцы от разрушенных мысов являются существенным препятствием для движения взвешенных и влекомых наносов вдоль берега. Замедленная, в сравнении с прилегающими участками берега, скорость отступания этого участка способствовала постепенному изменению генеральной конфигурации берега (Kosyan et al., 2013; Krylenko, 2014).

В литодинамическом отношении участок представляет собой замкнутую систему: как показали натурные исследования, проведённые ЮО ИО РАН, через мысы обмена пляжеобразующим материалом практически не происходит. Воздействие волн на береговой уступ в сочетании со свойствами пород определили развитие на береговом откосе процессов, основными из которых являются обвально-оползне-

вые. Поражённость обвально-оползневыми и осыпными процессами составляет на отдельных участках до 30% (Айбулатов, Щербаков, 2001; Kosyan et al., 2013). В зависимости от свойств горных пород, слагающих берег, развитие берегового уступа имеет ряд особенностей. По типу обрушения склона Ю.Д. Шуйским (Шуйский, 1986) предложено различать несколько типов клифов. На участках, сложенных рыхлыми или слабосцементированными осадочными породами (конгломераты, глины, суглинки, лессы) преобладают берега абразионно-обвального и абразионно-оползневого типов. Обвально-оползневые конуса часто полностью перекрывают пляж и образуют временные мысы, которые какое-то время защищают основание клифа от действия волн. Для условий берегов Таманского полуострова, где преобладают глинистые и суглинистые породы, продолжительность размыва обвально-оползневых масс, поступивших к урезу (рис. 2Г), зависит от объёма и штормовой активности и составляет от нескольких недель до нескольких месяцев. Развитие данного типа берегов происходит с определенной цикличностью: волновая подрезка подножия клифа; обвал или оползание вышележащего блока пород под действием гравитационных процессов; измельчение, размыв и вынос обломочного материала из прибойной зоны. По мере завершения выноса обломочного материала из прибойной зоны, подножие клифа вновь становится подвержено воздействию волн. Средняя скорость отступания береговых уступов составляет 0.7 м/год.

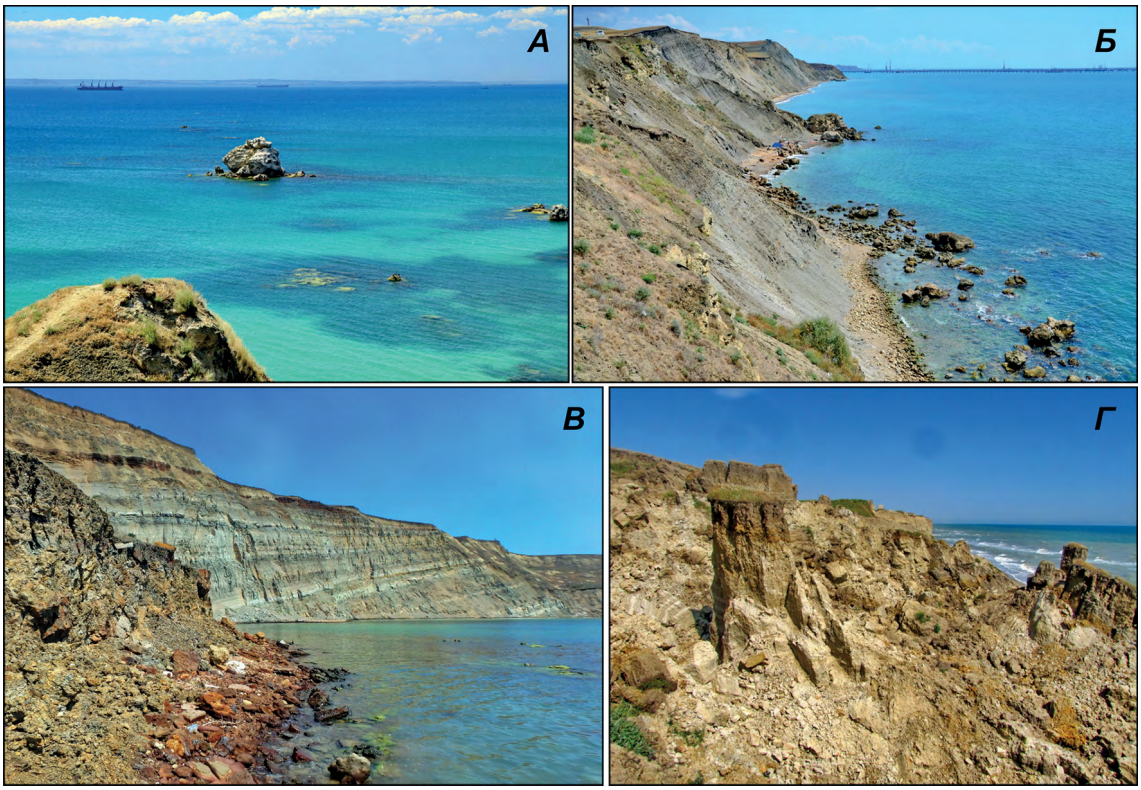

Рис. 2. Черноморские берега Таманского полуострова: **А** – мыс Панагия; **Б** – берег к северу от м. Панагия; **В** – мыс Железный Рог; **Г** – оползень на коренном берегу вблизи оз. Солёное

Участок между м. Железный Рог и пересыпью оз. Солёное так же сложен легкоразмываемыми породами – суглинками и глинами. Здесь имеются достаточно мощные линзы (прослои) песка, сформированные древними аллювиальными процессами. При разрушении песчаных линз в береговую зону поступают мелкие, но пригодные для формирования аккумулятивных форм, наносы. Пляжи на этом участке песчаные с примесью ракуши и гальки. Несмотря на то, что многие исследователи указывают на возможность поступления продуктов абразии с участка м. Тузла – м. Железный Рог, находящаяся в настоящее время на этом участке галька отличается по характеристикам от гальки с м. Железный Рог. Это позволяет предположить, что реальным источником гальки из ожелезненного плитчатого известняка являются выходы коренных пород, выражаемые в настоящее время в рельефе в виде подводных гряд, расположенных на удалении до нескольких километров к западу от современного уреза.

3.2. Абразионные флишевые берега

От мыса Анапский к югу простирается флишевая зона. Палеогеновый флиш у г. Анапы сменяется верхнемеловым вблизи устья р. Сукко, который, в свою очередь, снова сменяется палеогеновым к югу от г. Геленджик. Около р. Туапсе палеогеновый флиш выклинивается, уступая место меловому, распространённому вплоть до устья р. Пзезуапсе. Берег на данном участке сложен флишевой толщей, представленной слабосцементированным переслаиванием слабопрочных карбонатных скальных и полускальных пород (мергели, глинистые и мергелистые известняки, аргиллиты, песчаники). Характерной особенностью перечисленных горных пород, обусловившей общий дефицит наносов, является их малая прочность и подверженность истиранию. Поступая в прибойную зону, обломочный материал быстро разрушается, образующаяся при этом взвесь легко переносится течениями и оседает вдали от берега. Сравнительная однородность горных пород обусловливает значительную выравненность и плавные контуры береговой линии. Конфигурация берега представляет собой чередование выступов (п-ов Абрау, массив Туапхат, м. Идокопас, м. Кодош) с врезками бухт, наиболее крупные из которых Новороссийская (Цемесская) и Геленджикская. Новороссийская и Геленджикская бухты приурочены к переходным зонам между различными структурами, мелкие бухточки обычно связаны с линиями тектонических нарушений, свойственных антиклинальным структурам. На выступах берега абразионные, в бухтах и вогнутостях имеются аккумулятивные участки, представленные прислоненными пляжами и аккумулятивными террасами (Kosyan et al., 2013).

Один из северных отрогов горной системы Большого Кавказа выступает в море между Новороссийском и Анапой в виде п-ова Абрау. Полуостров имеет сильно расчлененный рельеф с максимальными высотами, достигающими 500 м. Горы вплотную прижаты к берегу моря. На фоне общего преобладания на побережье абразионно-денудационных берегов, тут широко развиты формы обвально-ополз-

невого генезиса. В сравнительно недавнем геологическом прошлом на полуострове происходили грандиозные обвалы и оползни. Эти структуры сейчас выражены в рельефе в виде выступов берега, лагунных понижений и поверхностей отрыва (рис. 3). Максимальная высота клифа (более 100 м) отмечена к юго-востоку от бухты Дюрсо. Галечные пляжи шириной от 1 до 50 м приурочены к мелким бухтам и устьям временных водотоков. Поток наносов имеет миграционный характер, протяжённость вдольберегового потока ограничена наиболее выступающими мысами. Пляжи здесь недостаточно широкие, чтобы выполнять берегозащитные функции (Крыленко, Крыленко, 2012). Характерно наличие галечных пересыпей, отделяющих от моря небольшие лагуны с уникальными экосистемами (рис. 3Б).

Область расчлененных тектоникой и эрозией средневысотных гор тянется от Новороссийской бухты до г. Туапсе. Водораздел Главного Кавказского хребта постепенно удаляется от моря на расстояние до 20–25 км (рис. 1). На прилегающих к берегу моря склонах фрагментарно прослеживается полоса древних морских террас. В пределах участка г. Новороссийск – г. Туапсе наблюдается высокая схожесть геологического строения, что сказывается на подобии протекающих береговых процессов. Берег практически везде имеет абразионный характер и представлен клифом высотой до 80 м.

Рис. 3. Берег п-ова Абрау. **А** – тело древнего оползня; **Б** – лагуна, отделенная пересыпью

Рис. 4. Характерный вид абразионных берегов на участке Новороссийск–Туапсе с вертикальным (**А**) и горизонтальным (**Б**) залеганием слоёв флиша

Твёрдого материала, поступающего с разрушающегося клифа и выносимого временными водотоками и небольшими, часто пересыхающими летом, реками, недостаточно для насыщения вдольберегового потока наносов. Вдоль подножия клифа фрагментарно имеются прислоненные щебнисто-галечные пляжи, ширина которых на открытой части побережья не превышает 3–5 м (рис. 4). Эти пляжи отличаются высокой изменчивостью и могут полностью переотлагаться, возникать и исчезать в ходе штормов. Постоянные пляжи имеются только в вогнутостях берега, вблизи устьев рек. Прослеживающийся в море до глубин 15 м грядовый бенч фрагментарно покрыт галькой, сменяющейся с глубиной песком с илом и ракушей, а затем – алевритовым морским илом, прослеживающимся вплоть до бровки шельфа. Определяющими факторами динамики данного типа берегов являются уклоны подводного склона и берегового уступа, а локальные отличия в ходе протекания береговых процессов обусловлены наличием тектонических нарушений, различиями в составе пород, структуре флиша (рис. 4).

В целом, на флишевых берегах развитие берегового уступа идёт с одновременным и сравнимым по значимости влиянием абразии и гравитационных процессов. Волны воздействуют на подножие берегового склона, и одновременно идёт разрушение самого склона за счёт других процессов денудации. Это позволяет отнести данные берега к абразионно-денудационному типу (Мысливец и др., 2016). Динамика абразионно-денудационных берегов имеет свои особенности. У сформировавшегося за тысячи лет берегового уступа абрадируется только нижняя часть до высоты волнового заплеска (Игнатов и др., 2015; Игнатов и др., 2016), после чего в верхней части развиваются или активизируются склоновые процессы (осыпи, обвалы, смывы). Продукты денудации накапливаются у подножия клифа в виде узкой полосы из слабоокатанных обломков и глыб. Обломочного материала, образующегося в результате постепенного разрушения склона, чаще всего не хватает для формирования пляжа шириной, достаточной для гашения или снижения энергии волн, воздействующих на подножие клифа. Роль обломочного материала, накопленного вдоль клифа, двояка. С одной стороны, он выполняет защитные функции. С другой стороны, перемещаясь в береговой зоне под действием волн, он существенно увеличивает донную абразию и разрушительное воздействие волн на береговой уступ. Какое совокупное действие обломочного материала будет определяющим, зависит от его количества в береговой зоне (Есин и др., 1980). При определённой ширине пляжа волны теряют энергию настолько, что не могут оказать разрушительного воздействия на береговой уступ. Полное гашение энергии волн штормов, возможных раз в 25 лет, для условий восточного побережья Чёрного моря достигается при ширине пляжа не менее 25–30 м. С учётом того, что на рассматриваемом участке ширина пляжей редко превышает 10 м, абразия клифа происходит постоянно.

В обычном режиме на абразионно-денудационных берегах скорость поступления пляжеобразующего материала с берегового склона соизмерима со скоростью его волновой переработки и не наблюдается выраженной цикличности, характерной для берегов абразионно-обвального или абразионно-оползневого типов.

Однако, наблюдения за последствиями ряда природных явлений экстремальной силы (ливневых осадков, штормов и других погодных явлений) на участке вблизи г. Геленджика показали, что может существовать определённая цикличность в развитии абразионно-денудационного берега, сложенного флишем. Наиболее существенный вклад в приходную часть бюджета наносов на таких берегах вносят денудационные процессы (преимущественно гравитационные), протекающие непосредственно на береговом обрыве; а также водная эрозия в пределах рек, ручьёв и временных водотоков, выходящих непосредственно на морской берег. Резкая активизация любого из перечисленных процессов может приводить к изменению обычного хода литодинамических процессов, поскольку способствует локальному поступлению значительного количества обломочного материала. Например, летом 2012 г. на территории нескольких районов Краснодарского края прошли ливневые дожди экстремальной силы. Выпадение менее, чем за сутки, полугодового количества осадков (Исупова и др., 2015) вызвало катастрофический подъём вод в реках и малых водотоках. Непосредственно на морском берегу были отмечены многочисленные оползни и обвалы (рис. 5), произошло поступление в береговую зону моря обломочного материала в объёмах, сравнимых с поступлением за несколько лет при «обычном» режиме (Крыленко и др., 2014).

В результате обвалов к урезу поступило много крупных (до 1.5–2 м) глыб, практически не перемещаемых волнами даже при сильных штормах. Под прикрытием обвальных масс абразия клифа была приостановлена. Наиболее крупные оползни отмечены вблизи мыса Дооб, где слои флишевой толщи имеют выраженный уклон к морю. Множество оползней и обвалов, но сравнительно небольшого объёма, было отмечено на участках, где пласты имеют значительный наклон (70°–90°), но выходят торцом к морю. На участке с горизонтальным залеганием слоёв флиша (рис. 4Б), к югу от Геленджикской бухты, крупных оползней и обвалов не отмечено, несмотря на значительно более высокий и практически вертикальный клиф (Крыленко и др., 2014). Таким образом, устойчивость флишевого клифа к комплексу денудационных процессов в большей степени зависит от характера залегания слоёв, чем от крутизны склона.

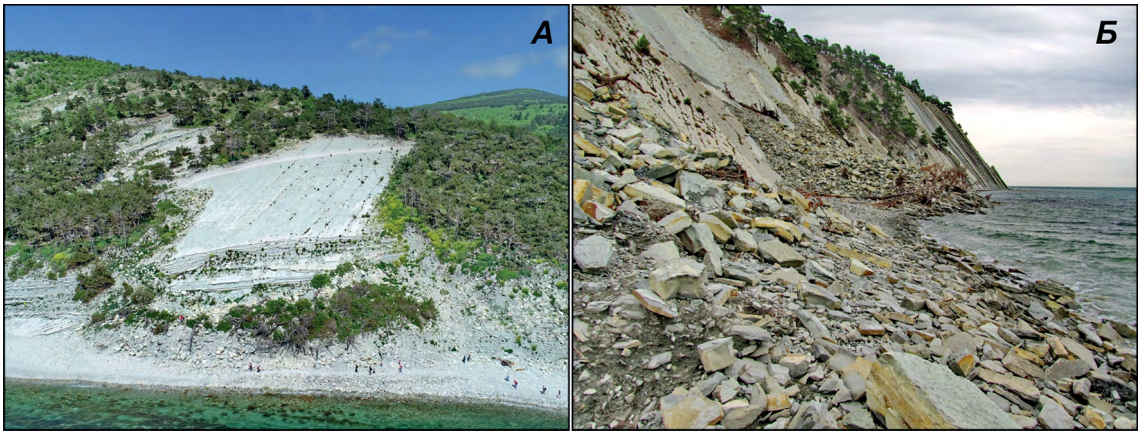

Рис. 5. Последствия экстремального ливня 2012 г. – оползни (**А**) и обвалы (**Б**)

Оползни и обвалы произошли на участках, где пласты скальных пород под действием процессов выветривания потеряли устойчивость, и экстремальный ливень лишь способствовал их обрушению. На некоторое время, до появления новых ослабленных участков, сход новых оползней и обвалов сократился, что подтверждают последующие наблюдения. Соответственно, сократился и объём поступающего с берегового обрыва обломочного материала. В этот период динамика наносов зависит от скорости переработки поступившего к урезу обломочного материала. Как показал мониторинг, скорость трансформации образовавшихся вдоль подножия клифа обвально-оползневых конусов существенно зависела от состава преобладающих в их объёме пород. На конусах, где преобладали слабоустойчивые к выветриванию породы (аргиллиты), глыбы при контакте с атмосферой потеряли свою прочность и рассыпались в течение нескольких месяцев. Объём таких конусов быстро уменьшался как за счёт усадки, так и по мере выноса мелких обломков на смежные участки берега. На конусах, где коллювий представлен крупнообломочным материалом из устойчивых к выветриванию пород, наблюдался лишь постепенный вынос мелких фракций под действием поверхностного стока (в верхней части конусов) и абразии, объём таких конусов уменьшился незначительно. Следует отметить, что наиболее устойчивые обвально-оползневые конуса образовали локальные мысы, под защитой которых сформировались пляжи там, где ранее их не было. Вблизи крупных оползней ширина пляжей достигла 20 м и более. Кроме того, в устьях временных водотоков было отмечено образование конусов выноса из гравия и щебня с незначительным количеством валунов. Этот материал за короткое время (несколько месяцев) распространился в пределах локальных литодинамических ячеек, что проявилось в расширении пляжей и увеличении их протяжённости в стороны мысов (Крыленко и др., 2014).

Таким образом, экстремальное природное явление способствовало образованию или увеличению ширины пляжей в основании клифов. Эти пляжи, несмотря на относительно небольшую ширину, защищают клиф от воздействия волн, снижая скорость абразии. Когда обломочного материала на берегу находится достаточно много, он выполняет защитные функции для клифа, сложенного коренными породами: в движение под действием волн вовлекаются лишь верхние слои пляжевых отложений. За прошедшие 8 лет наблюдается уменьшение общего объёма пляжевых наносов. Расходными частями бюджета наносов являются истирание пляжеобразующего материала, уход наносов на глубину и в «ловушки» между высокими грядами на бенче, искусственное изъятие обломочного материала из береговой зоны. Постепенное уменьшение количества обломочного материала (уменьшение ширины пляжей) приводит к усилению его абразионного действия на бенч и береговой уступ. Во время наиболее сильных штормов на отдельных участках формируется вдольбереговой поток наносов, все слои которого начинают перемещаться по подстилающей коренной поверхности, оказывая абразивное действие на основание клифа.

4. Аккумулятивные берега

4.1. Геосистема Анапской пересыпи

На рассматриваемом участке черноморского побережья Кавказа в пределах России имеется лишь один крупный участок аккумулятивных берегов – это Анапская пересыпь (рис. 1). Формирование Анапской пересыпи началось 8–5 тыс. лет назад. В формировании литодинамической системы Анапской пересыпи на начальном этапе принимал участие материал аллювия древней Кубани, накопленного в период её непосредственного впадения в Чёрное море во время ледникового периода. Уровень моря тогда был на 80–90 м ниже современного, устье р. Кубань располагалось западнее современной линии берега. Часть аллювиальных отложений Кубани этого времени сохранилась на дне на глубинах 30–50 м. В ходе голоценовой трансгрессии часть аллювиального материала перемещалась в виде бара вместе с движением береговой линии (Косьян и др., 2011; Косьян, Крыленко, 2014).

После достижения современного уровня Чёрного моря (6–5 тыс. лет назад) аллювий реки Кубань не поступал в акваторию Чёрного моря, отлагаясь в акватории заливов (будущих лиманов). Формирование Анапской пересыпи с этого момента шло за счёт материала абразии палеомысов Железный Рог и Благовещенского останца. Продукты разрушения берегов вовлекались во вдольбереговой поток наносов и формировали косы с основанием у оконечности мысов, постепенно перекрывая входы в заливы. Вероятно, в некоторый момент существовали две независимые абразионно-аккумулятивные литодинамические системы, разделённые выступом берега на месте Благовещенского останца и банки Марии Магдалины. После разрушения морем этого выступа образовалась единая литодинамическая система Анапской пересыпи с преобладающим направлением движения наносов с северо-запада на юго-восток.

В настоящее время Анапская пересыпь – это аккумулятивное тело протяжённостью 47 км, сложенное кварцевым песком с примесью ракуши и ракушечного детрита. Ширина пересыпи от 80 м на севере (рис. 6) до 1.5 км на юге. Анапская пересыпь является полигенетической аккумулятивной береговой формой и сочетает в своём развитии поперечное и продольное перемещение наносов (Зенкович, 1958; Измайлов, 2005; Krylenko et al., 2011; Косьян и др., 2012). Динамика аккумулятивного тела Анапской пересыпи характеризуется возрастающим дефицитом наносов, связанным с иссяканием их источников, истиранием, эоловым выносом и антропогенным изъятием. Согласно (Крыленко, 2015), среднее по всей пересыпи отступание берега за полвека составило 22.1 м, величина максимального размыва превысила 80 м. В пределах Анапской пересыпи определены участки размыва на северном и южном краях пересыпи и зона аккумуляции в центральной части. Протяжённость зон размыва увеличивается, а зона аккумуляции в центральной части постепенно превращается в зону стабильности. Скорость указанного процесса зависит от множества природных и антропогенных факторов, среди которых важнейшие – изменчивость гидрометеорологических параметров

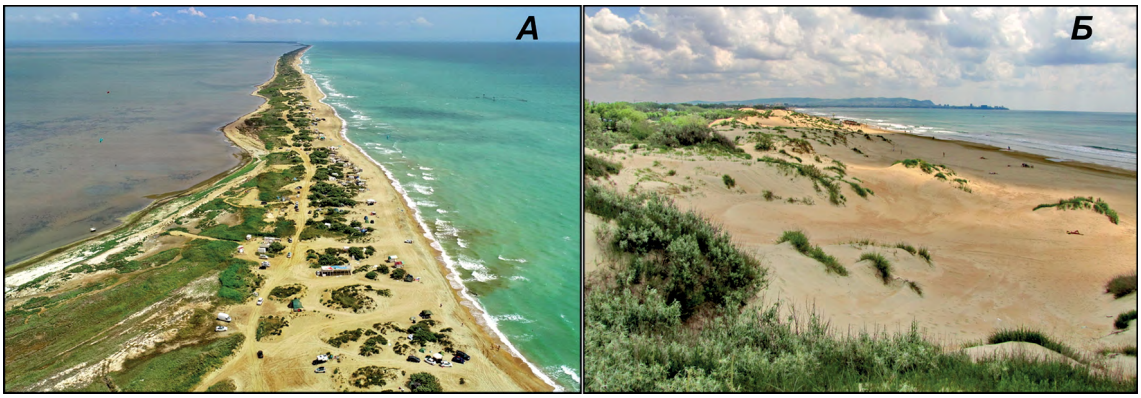

Рис. 6. Северная (**А**) и южная (**Б**) части Анапской пересыпи

(связанных, в свою очередь, с глобальными изменениями климата); изменчивость биологических процессов (продуцирование ракуши и развитие наземной растительности); интенсивность техногенного преобразования рельефа (Косьян, Крыленко, Крыленко, 2020).

Одновременно с формированием Анапской пересыпи сформировалась система лагун. Экосистемы лагун, отчлененных от моря Анапской пересыпью, обеспечивают существование разнообразных растительных и животных сообществ. Район имеет большое значение в воспроизводстве колониальных околоводных птиц, в том числе редких и исчезающих. Лагуны используются мигрирующими птицами для отдыха, а в тёплые зимы – для зимовки (Тильба, Мнацеканов, 2006; Krylenko, Krylenko, 2017).

4.2. Малые аккумулятивные формы

Особое место среди малых аккумулятивных форм участка занимают Суджукская коса и песчаный пляж в бухте Песчаная вблизи пос. Новомихайловка.

Суджукская коса и одноимённая лагуна расположены в западной части Новороссийской (Цемесской) бухты, в черте г. Новороссийск, и имеют статус памятника природы регионального значения. Суджукская коса – единственный представитель свободных аккумулятивных форм на рассматриваемом побережье. Суджукская лагуна площадью около 30 га отделена от моря с востока пересыпью, сложенной галькой и песком, шириной 25–70 м; с юга – галечной косой шириной 10–15 м. Средняя глубина – 0.85 м, максимальная не превышает 1.5 м. Дно лагуны сложено илистыми и илисто-песчаными грунтами, в южной части присутствует ракушечниковый и галечниковый материал. Водное питание лагуны осуществляется за счёт атмосферных осадков и поверхностного стока, в меньшей степени – за счёт разгрузки подземных вод. Периодически лагуна соединяется с морем каналом в юго-западной части у материкового берега, который может образовываться в результате прорыва косы штормами или прокладывается искусственно для обеспечения водообмена. В холодное время года лагуна является убежищем для водоплавающих птиц (Krylenko, Krylenko, 2017).

Уникальнейшим природным объектом является естественный песчаный пляж в бухте Песчаная вблизи пос. Новомихайловка (рис. 7). Берег бухты протяжённостью около 4 км представляет собой сравнительно устойчивую литодинамическую систему. Пологий подводный склон и широкий пляж бухты являются хорошим естественным гасителем волновой энергии. Ещё в начале 1950-х годов ширина пляжа достигала местами 70 м, и он надежно защищал от волн склоны прилегающего берега. В тыльной части пляжа даже размещались низкие дюны. Пляж был сформирован продуктами разрушения мощных прослоев рыхлого песчаника, локализованных на дне и берегах бухты Песчаной. Согласно мониторинговым наблюдениям, выполнявшимися Институтом океанологии РАН, ширина пляжа, составлявшая 40–50 м, и положение береговой линии длительное время не изменялось. Наблюдались небольшие штормовые и сезонные деформации, обусловленные изменениями силы, направления и повторяемости волнения, но аккумулятивная форма оставалась динамически устойчивой (Kosyan et al., 2013).

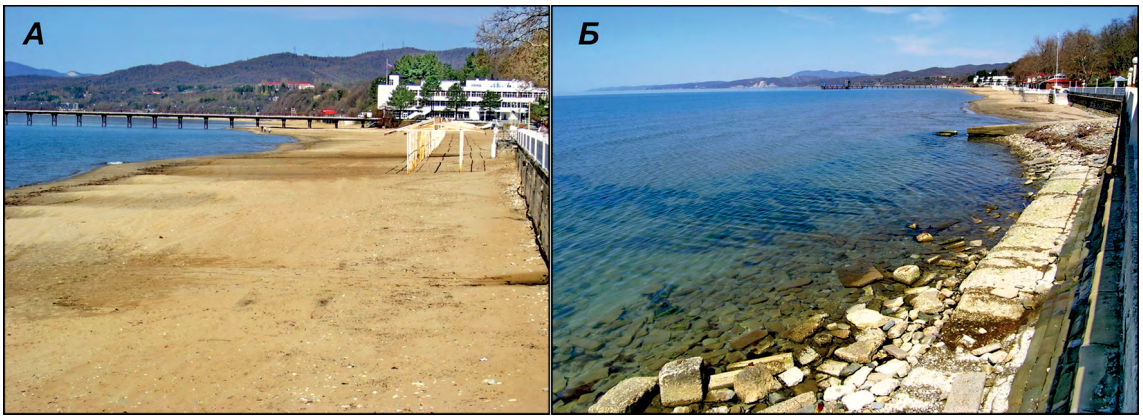

Рис. 7. Песчаный пляж в бухте Песчаной вблизи пос. Новомихайловка

С начала 60-х годов до конца XX века у восточной границы бухты, вблизи м. Гуавга, производились несанкционированные изъятия песка. Из литодинамической системы были изъяты тысячи тонн материала, преимущественно – крупнозернистого песка. Оставшийся мелкий песок сместился на подводный склон, где были сформированы подводные валы. В приурезовой зоне профиль подводного склона стал более крутым, его волногасящее действие снизилось. В ходе строительства Всероссийского детского центра (ВДЦ) «Орлёнок» вдоль берега была построена подпорно-волноотбойная стена, усилившая «отражение» волн и вынос материала. Это привело к ещё большему размыву и потере песка. В результате, к началу 1990-х годов восточная часть пляжа у м. Гуавга полностью была смыта на участке более 100 м. Линия уреза подошла к подпорной стенке, начался размыв дна у её подошвы (рис. 7Б). По данным ЮО ИО РАН, у основания пирса ширина пляжа за 9 лет (1993–2002 гг.) уменьшилась на 18 м. На подводном склоне по створу причала, на расстоянии 200 м от уреза, глубины увеличились на 2–3 м. Эти изменения могли быть ещё значительнее, если бы не была произведена подсыпка щебня. К сожале-

нию, закрепление берега прекратило новое поступление песка в литодинамическую систему, то есть пляж уже не сможет восстановиться за счёт только природных процессов. Уникальный песчаный пляж в ближайшие годы может исчезнуть навсегда. Единственный способ его сохранить – пополнение пляжа привозным песком с параметрами, соответствующими местному песку.

4.3. Приустьевые аккумулятивные формы

Как отмечено выше, короткие (менее 1 км) аккумулятивные участки имеются в пределах абразионных берегов, обычно – в вогнутостях берега вблизи устьев рек, где формируется аккумулятивная терраса, сложенная аллювием и перекрывающая переуглубленное, при низком стоянии уровня моря, дно речной долины. Большая часть данных аккумулятивных форм в настоящее время активно используются в рекреационных целях. Надо сказать, что их устойчивость напрямую зависит от соотношения приходной и расходной части бюджета наносов. Основное поступление наносов происходит с твёрдым стоком. Поступление наносов (продуктов абразии) со смежных участков берега минимально и чаще всего техногенно затруднено. Основной статьей расхода наносов является истирание, в отдельных случаях имеет место техногенное изъятие наносов.

Выше было рассмотрено влияние экстремальных природных явлений (обвалов, оползней, паводков на малых водотоках) на литодинамические процессы открытого берега. Несколько иначе сказывается влияние на береговые процессы последствий экстремального паводка вблизи устьев рек. На протяжении последних 20 лет экстремальные паводки, сопровождавшиеся выносом значительного обломочного материала на морской берег, отмечались в Широкой Балке (2002 г.), Туапсинском районе (2010 г.), Геленджике и Новомихайловке (2012 г.), Туапсинском районе (2016 г.), Туапсе (2019 г.). Во время экстремального паводка 6 июля 2012 г. в устье р. Ашамба образовалась приустьевая аккумулятивная форма, сложенная крупнообломочным материалом. Объём вынесенного рекой твёрдого материала, отложившегося непосредственно в устье, составил 8–10 тыс. м^3 (Исупова, 2015). После перераспределения морем материала практически по всей длине аккумулятивного приустьевого участка (в пределах локальных мысов) отмечено выдвижение берега на 5–10 м, сохранившееся до настоящего времени. Можно предположить, что именно экстремальные паводки определяют выдвижение аккумулятивного берега на приустьевых участках рек, а поступление аллювия в обычном режиме играет подчинённую роль.

5. Тенденции хозяйственного освоения и берегозащиты

От Керченского пролива, соединяющего Чёрное и Азовское моря, до мыса Анапский расположена часть побережья, не относящаяся геологически к горной системе Кавказа. Это сравнительно «молодая» часть суши, представлявшая собой ранее архипелаг островов. Достаточно быстрое поднятие земной коры, а также по-

ступление твёрдого стока реки Кубань, определили быстрые изменения контура архипелага, ставшего Таманским полуостровом (Михайлов и др., 2010). Две тысячи лет назад территория Тамани, снабжаемая водой реки Кубань, была привлекательна для освоения человеком. Здесь находилось Боспорское царство, лежавшее на пересечении морских торговых и сухопутных путей. Дальнейшее поднятие суши и изменения климата привели к кризису сельского хозяйства и на много столетий Таманский полуостров превратился в практически необитаемую территорию. Повторное освоение побережья началось в XX веке. Наряду с сельским хозяйством регион стал осваиваться для морского транспорта. Между мысами Панагия и Железный Рог были построены несколько терминалов эстакадного типа для перевалки различных грузов. К этому району, получившему наименование порт Тамань, подведены железная дорога и другие коммуникации. Ещё более масштабные изменения произошли в ходе строительства транспортного коридора в Крым. От м. Тузла до начала Анапской пересыпи до недавнего времени не было никаких берегозащитных сооружений. Для защиты от размыва берега, сложенного суглинками, в основании эстакад перегрузочных терминалов была произведена укладка фигурных блоков. Рассматривается вопрос о строительстве оградительных сооружений для всего проектируемого сухогрузного района порта Тамань.

Между Таманским полуостровом и горным сооружением Кавказа расположена дельтовая область реки Кубань. Тут на протяжении последних 5 тыс. лет формировалась крупнейшая аккумулятивная береговая геосистема рассматриваемого побережья – Анапская пересыпь (рис. 1). Рекреационное освоение Анапской пересыпи происходило более 100 лет назад, а с 50-х–60-х годов XX века началось масштабное плановое освоение южной части Анапской пересыпи – между Анапой и пос. Витязево. К сожалению, нерациональное рекреационное использование на некоторых участках приводит к нарушению рельефа и деградации уникальных дюнно-аквальных ландшафтов пересыпи. На всей Анапской пересыпи до настоящего времени нет (и не требуется) никаких берегозащитных сооружений (Косьян, Крыленко, 2014). Недостатка в пляжах данный участок не испытывает, но при этом имеются проблемы с размещением рекреационных объектов, их инфраструктуры. Сооружения порта и гавани для яхт в центре города Анапа защищены вертикальными стенками гравитационного типа и каменной наброской.

Южнее г. Анапа начинается участок абразионных берегов, характерными чертами которого являются горный прибрежный рельеф, высокая штормовая активность, выраженный абразионный характер сложенного флишем берега, постоянный дефицит твёрдых наносов. За последние тысячелетия общий облик берега и характер протекающих природных береговых процессов не претерпел существенных изменений.

После включения побережья в состав Российской империи началось его хозяйственное освоение. Постепенно развивалась сеть дорог, связавших между собой посёлки на побережье и в наиболее удобных местах пересекавших Кавказский хребет. В конце XIX века была построена железная дорога, несколькими тоннелями

прорезающая Кавказский хребет, выходящая к Новороссийской бухте. Чуть позднее, в начале XX века, была построена железная дорога к г. Туапсе. Наличие железных дорог (рис. 1) предопределило быстрое развитие портов Туапсе и Новороссийск. Прокладка трубопроводов, связавших побережье с нефтяными и газовыми месторождениями, также способствовала развитию морского транспорта региона. Создание транспортных путей, связавших побережье с центральной частью страны, имело также огромное значение для развития рекреационного сектора.

К настоящему времени побережье от г. Анапы до г. Туапсе хорошо освоено в рекреационном отношении, но пространственное размещение отдельных курортных посёлков в пределах участка неравномерно. К концу XX века рекреационные объекты имелись только в устьях небольших рек и в вогнутостях берега, где существовали участки естественных галечных пляжей. Многие рекреационные объекты не имели естественных пляжей или их ширина была недостаточна для защиты от волн и размещения отдыхающих. В советский период защита от волн и создание пляжей осуществлялись преимущественно традиционным для региона способом – созданием железобетонных бун и отсыпкой в межбунные пространства гальки из местных малопрочных горных пород. В настоящее время решение этих проблем ведётся, исходя из соображений и возможностей конкретного пользователя, но всё чаще предпочтение отдаётся более современным решениям. В целом, практический опыт защиты берегов, как и результаты гидро- и литодинамических исследований, показывают, что наиболее эффективный путь берегозащиты – это сохранение и создание широких пляжей – плавных гасителей волновой энергии (Мальцев и др., 1987). Установлено, что для полного гашения энергии волн расчётного шторма (1 раз в 25 лет), ширина пляжа на Черноморском побережье должна быть в среднем 30–35 м. При меньшей ширине пляжи подвержены размыву, а берег разрушается.

В 1971 г. в Геленджикской бухте был создан искусственный песчаный пляж длиной около 1 км, песок для которого был взят со дна в центральной части бухты. Объём намытого песка составил около 250 тыс. м^3; ширина пляжа была доведена до 70 м (Айбулатов, 2005). До настоящего момента он в целом сохранил свои очертания. Скорость отступания уреза за прошедшее время составила 5 см/год. Этот эксперимент подтвердил возможность искусственного пляжеобразования без пляжеудерживающих сооружений, во всяком случае – для защиты берегов в пределах глубоких бухт. Позднее, в 1991–1993 гг., в неглубокой бухте Инал было отсыпано около 250 тыс. м^3 галечного материала. В течение нескольких лет сформировался галечный пляж средней ширины 25–30 м с устойчивым контуром береговой линии (Пешков, 2003). Однако область применения свободных пляжей для берегозащиты и создания рекреационных комплексов в регионе ограничена, ввиду отрицательного баланса вдольберегового потока наносов и интенсивного волнового воздействия. Стабильность создаваемого на открытой части Черноморского побережья искусственного пляжа можно обеспечить только с использованием гидротехнических конструкций. В последние годы предпочтение отдаётся искусственным пляжам с удерживающими сооружениями из каменной наброски. Для отсыпки используется

высокопрочная галька из кристаллических горных пород, доставляемая из соседних регионов. Как правило, искусственный пляж создаётся под прикрытием двух или более бун (шпор). Наиболее рационально сочетание искусственных пляжей с существующими выступами берега, естественными или искусственными (старыми бунами, иными сооружениями), или в бухтах (Крыленко и др., 2009). Такое решение позволяет минимизировать объёмы строительства новых удерживающих сооружений. Подобные искусственные пляжи существуют в г. Анапа (Малая бухта), пос. Широкая балка, пос. Мысхако, г. Новороссийске, с. Дивноморское (пляж панс. Факел), пос. Бжид, пос. Джубга (Крыленко, Крыленко, 2008).

Сочетание искусственных пляжей с различными типами волногасящих и наносоудерживающих сооружений позволяет защищать берег даже на открытом побережье с любыми литодинамическими условиями, не снижая его экономико-географического потенциала. Первый пляж такого типа был создан в Анапе в 1993–1995 гг. Из материала срезки абразионного берега и привозного материала сооружена эффективно работающая надводная терраса протяжённостью 2.5 км с галечным пляжем шириной 30–40 м. Для предотвращения выноса гальки за пределы участка возведены шпоры из каменной наброски. Позднее искусственные галечные пляжи были созданы на открытом морском берегу в Сухой Щели (пляж Нефтяник), г. Геленджике на мысе Тонкий, в п. Архипо-Осиповка, п. Небуг.

Следует отметить, что литодинамические условия рассматриваемого участка черноморского побережья благоприятны для использования локальной берегозащиты. Небольшой размер литодинамических ячеек и малое их взаимное влияние позволяют избежать негативного влияния оградительных сооружений новых пляжей на смежные участки. Наличие широкой полосы каменистого бенча с небольшими уклонами дна так же способствует созданию искусственных пляжей на абразионных берегах.

Заключение

В настоящее время северо-западная часть черноморского побережья Кавказа продолжает интенсивно осваиваться, особенно быстрыми темпами развивается курортная отрасль. В регионе представлены практически все виды рекреационных ресурсов (климатические, гидроминеральные, геоморфологические, флористические, социально-культурные и т.д.). Множество природных и социально-экономических факторов определили существенные отличия отдельных участков северо-западной части черноморского побережья Кавказа по природным особенностям и степени их хозяйственного освоения.

Наиболее сохранны берега п-ова Абрау и массива Туапхат, где почти в первозданном виде сохранились рельеф и растительность клифов. Благополучно на данный момент складывается судьба песчаной Анапской пересыпи, которую пока не пробовали «защитить». Несмотря на ряд негативных явлений природного или

антропогенного генезиса, берег пересыпи находится в состоянии динамического равновесия. Если учитывать природную изменчивость при размещении хозяйственных объектов, а не бороться с ней, высокая динамика берега не будет препятствием для его эффективного использования. Напротив, строительство любых защитных гидротехнических объектов (стенок, волноломов, бун и т.п.) может привести к нарушению существующего равновесия и непредсказуемым, разрушительным для пересыпи последствиям. Регулирование стабильности берега на отдельных участках может производиться лишь путём пополнения пляжей песком соответствующего литодинамической обстановке состава и крупности.

Наиболее сильно техногенно преобразованы берега в пределах населённых пунктов, где имеется большое количество берегозащитных и иных гидротехнических сооружений. На участке от пос. Джубга до г. Туапсе на значительной части берега, непосредственно вблизи берегового обрыва, проходит автодорога федерального значения. Тем не менее, степень антропогенного преобразования морских берегов пока не достигла критических значений (как это наблюдается южнее Туапсе).

Основными проблемами, которые приходилось решать ранее и будет необходимо решать в будущем, является защита берега и расположенных на нём объектов от воздействия волн и дефицит пляжей. Геоморфологической особенностью Черноморского побережья Кавказа является преобладание эрозионных процессов на берегу (абразия, обвалы, оползни и т.д.) над аккумулятивными. Крупные песчаные пляжи есть лишь севернее Анапы, в остальной части берегов пляжи небольшие, преимущественно галечные, приуроченные к вогнутостям берега и устьям крупных рек. На многих участках берег моря представлен высоким клифом с активно протекающими оползневыми и обвальными процессами и непригоден для рекреационного использования (Krylenko, 2009). Рекреационные объекты первоначально располагались вблизи бухт или устьев рек, где существовали естественные галечные пляжи. Нехватка пляжей, особенно в наиболее востребованных рекреационных районах, существенно ограничивает возможности увеличения ёмкости курортов. Несмотря на разнообразие элементов природного рекреационного потенциала, важнейшей его составляющей для приморского региона являются пляжи. Развитие курортного сектора в XXI веке потребовало создания новых пляжей, зачастую на участках открытого побережья.

Наиболее перспективным направлением решения проблемы нехватки пляжей стало создание искусственных свободных пляжей полного профиля, отвечающих как берегозащитным, так и рекреационным требованиям, в том числе по окатанности и крупности материала. Однако, в условиях дефицита пляжеобразующего материала и сильного волнового воздействия, создание и расширение пляжей возможно лишь за счёт искусственного пополнения их карьерным материалом и обязательного возведения оградительных сооружений. Благодаря небольшим размерам литодинамических ячеек, техногенная трансформация отдельных участков при строительстве новых пляжей не несёт угрозы смежным участкам берега.

Благодарности. Обзор современного состояния берегов Чёрного моря проведён в ходе выполнения темы Госзадания № 0128-2021-0013. Детальная информация по отдельным участкам берегов получена при поддержке РФФИ (проекты 18-55-34002, 18-05-80035, 19-05-00716, 19-45-230001, 19-45-230004, 20-05-00009) и РНФ (Анапская пересыпь, проект 20-17-00060).

Литература

Айбулатов Н.А. Деятельность России в прибрежной зоне моря. М.: Наука, 2005. 264 с.

Айбулатов Н.А., Щербаков Ф.А. Шельф и берега внутренних море России. Черное море // Геоэкология шельфа и берегов морей России (ред. Н.А. Айбулатов). М.: Ноосфера, 2001. С. 166–212.

Альтман Э.Н., Симонов А.И. (ред.) Черное море. Гидрометеорологические условия // Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 429 с.

Бухановский А.В., Дивинский Б.В., Косьян Р.Д., Лопатухин Л.И., Рожков В.А. Типизация ветрового волнения Черного моря по инструментальным данным // Океанология. 2000. Т. 40. № 2. С. 289–297.

Есин Н.В., Савин М.Т., Жиляев А.П. Абразионный процесс на морском берегу. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 200 с.

Зенкович В.П. Берега Черного и Азовского морей. М.: Гос. изд. геогр. лит., 1958. 374 с.

Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М.: АН СССР, 1962. 710 с.

Игнатов Е И., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Типизация берегов Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2015. №. 1. С. 20–28.

Игнатов Е.И., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Морские берега Крыма // Геоморфология. 2016. №. 1. С. 55–63.

Измайлов Я.А. Эволюционная география побережий Азовского и Черного морей. Книга 1. Анапская пересыпь. Сочи: Лазаревская полиграфия, 2005. 175 с.

Исупова М.В., Дзагания Е.В., Крыленко В.В., Крыленко М.В. Воздействие ливня экстремальной интенсивности на гидролого-морфологические процессы в бассейнах малых горных рек (на примере р. Ашамба) // Водные ресурсы. 2015. Т. 42. № 1. С. 92–99.

Косьян Р.Д. Отчет о научно-исследовательской работе по теме: Научное обеспечение сбалансированного планирования хозяйственной деятельности на уникальных морских береговых ландшафтах и предложения по его использованию на примере Азово-Черноморского побережья Т. 8. Черное море. // Архив Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Геленджик: ЮО ИО РАН, 2013. С. 1193–1318. https://coastdyn.ru/e-lib/tom08_2013.pdf.

Косьян Р.Д., Дивинский Б.В., Крыленко М.В., Куклев С.Б., Крыленко В.В. Эволюция берега Анапской пересыпи Черного моря // Труды 2-й международной конференции «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов». Новосибирск: СО РАН, 2011. С. 208–213.

Косьян Р.Д., Крыленко В.В. Основные критерии комплексной классификации Азово-Черноморских берегов России // Океанология. 2018. Т. 58. № 3. С. 501–511.

Косьян Р.Д., Крыленко В.В. Современное состояние морских аккумулятивных берегов Краснодарского края и их использование. М.: Научный мир, 2014. 256 с.

Косьян Р.Д., Крыленко В.В., Крыленко М.В. Разработка прогноза развития аккумулятивных

берегов бесприливных морей России // Вестник Краснодарского регионального отделения Русского географического общества. Краснодар, 2020. С. 104–109.

Косьян Р.Д., Крыленко М.В., Крыленко В.В. Береговая зона моря как ресурс экономического развития Черноморского побережья России // География: история, современность, перспективы (ред. Г.С. Гужин). Краснодар: КубГУ, 2012. С. 187–195.

Косьян Р.Д., Куклев С.Б., Крыленко В.В. Хрупкое равновесие Анапской пересыпи // Природа. 2012. № 2. С. 19–28.

Кривошея В.Г., Овчинников И.М., Титов В.Б. Меандрирование Основного Черноморского течения и формирование вихрей в северо-восточной части Черного моря летом 1994 г. // Океанология. 1998. Т. 38. № 4. С. 546–553.

Крыленко В.В. Динамика морского берега Анапской пересыпи // Океанология. 2015. Т. 55. № 5. С. 821–828.

Крыленко В.В., Косьян Р.Д., Крыленко М.В., Подымов И.С. Поступление твердого материала в прибрежную зону в районе г. Геленджика в результате экстремального ливня // Океанология. 2014. Т. 54. № 1. С. 97–104.

Крыленко В.В., Крыленко М.В. Динамика искусственного пляжа в Малой бухте (г. Анапа) // Материалы международной конференции «Динамика прибрежной зоны бесприливных морей». Калининград: Терра Балтика, 2008. С. 79–83.

Крыленко В.В., Крыленко М.В., Алейникова А.М. Искусственный пляж как элемент рекреационного ландшафта // Труды международной конференции «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов». Новосибирск: ИСО РАН, 2009. С. 55–58.

Крыленко М.В., Крыленко В.В. Рельеф прибрежной зоны п-ова Абрау как рекреационный ресурс // Материалы 7-ой Международной научно-практической конференции «Строительство в прибрежных курортных регионах». Сочи, 2012. С. 269–271.

Мальцев В.П., Марков А.М., Маркова М.Г. Технические, социальные и экономические аспекты создания искусственных территорий на Черноморском побережье // Вопросы инженерной защиты берегов Черного моря (ред. Ковалев В.В.). Москва, 1987. С. 49–58.

Михайлов В.Н., Магрицкий Д.В., Иванов А.А. Гидрология дельты и устьевого взморья Кубани. М.: ГЕОС, 2010. 728 с.

Мысливец В.И., Бредихин А.В., Сафьянов Г.А., Рычагов Г.И., Игнатов Е.И., Жиндарев Л.А., Селезнева Е.В. Проблемы прогноза развития морских берегов европейской России (Морфогенетические типы берегов) // Геоморфология. 2016. № 4. С. 70–77.

Пешков В.М. Береговая зона моря. Краснодар: Лаконт, 2003. 350 с.

Тильба П.А., Мнацеканов Р.А. Анапские плавни // Водно-болотные угодья России. М.: Wetlands International, 2006. 74–76 с.

Шуйский Ю.Д. Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 240 с.

Divinskii B.V., Kos'yan R.D., Podymov I.C., Pushkarev O.V. Extreme waves in the northeastern Black Sea in february 2003 // Oceanology. 2003. Vol. 43. No. 6. P. 891–893.

Kos'yan R.D., Magoon O.T. Coastlines of the Black Sea. New York: ASCE, 1993. 573 p.

Kosyan R., Krylenko M., Petrov V., Yaroslavsev N. Study of beach state and coastal protection in the neighborhood of Sochi City // Proc. of the 7th International Conference on the Mediterranean Coast Environment. Turkey: MEDCOAST, 2005.

Kosyan R.D., Krylenko M.V., Chubarenko B.B., Ryabchuk D.V. Russian coasts of European seas // Coastal erosion and protection in Europe (ed. Pranzini E., Williams A.) UK: Earthscan, 2013. P. 9–30.

Krylenko M. Monitoring researchers of the Black Sea coast dynamics (Krasnodar region, Russia) // Proc. of the PERSEUS Training Courses "Challenge for good environmental status in coastal waters" and 3-rd International Seminar "Dynamics of the coastal zone in the non-tidal seas. Gelendzhik, 2014. P. 18–23.

Krylenko M.V. Relief of the Black Sea Coastal Zone between Anapa and Novorossiysk as Recreational Factor // Proc. of the international conference MEDCOAST-09. Sochi, 2009. Vol. 1. P. 463–468.

Krylenko V., Krylenko M. Lagoons of the Black Sea // Part of the series 'Estuaries of the World", Chapter: The diversity of Russian estuaries and lagoons exposed to human influence (ed. R. Kosyan). Springer International Publish ing, 2017. P. 93–110.

Krylenko V.V., Kosyan R.D., Kochergin A.D. Regularities of the Formation of the Granulometric Composition of the Bottom and Beach Deposits of the Anapa Bay Bar // Oceanology. 2011. Vol. 51. No. 6. P. 1061–1071.

THE COASTS OF THE CAUCASIAN NORTH-WESTERN PART OF THE BLACK SEA AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY

Krylenko V.V., Kosyan R.D., Krylenko M.V.

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: krylenko.slava@gmail.com
Submitted 27.02.2021, accepted 24.03.2021.

The Black Sea coast of the Caucasus has the most valuable economic resources, primarily recreational. In addition, coastal geosystems are a key element of the region's natural biodiversity. This paper provides an overview of the current state of abrasion and accumulative shores of the Black Sea between c. Panagia and r. Tuapse. Materials of long-term monitoring observations, satellite imagery, the results of mathematical modeling, literary and archival sources are used. The most important natural processes that determine the development of the coasts are considered and the analysis of their dynamics due to climate changes and increasing anthropogenic load is performed. It is shown that the significant differences between individual sections of the north-western part of the Caucasus Black Sea coast in terms of natural features and the degree of their economic development are determined by a variety of natural and socio-economic factors. Abrasion coasts with high cliffs, where denudation processes are the main source of solid material to the coastal zone, predominate. The general deficit of beach-forming sediments is a characteristic feature, as a result of which there is no single alongshore sediment flux. Small lithodynamic systems bounded by capes are characteristic of the coast under consideration. The movement of sediments has the character of reverse migrations and the beach is formed in the concavities of the coast. The only large accumulative form is the Anapa bay-bar, in the formation of which the alluvium of the Kuban River played an important role. Predominance of erosion processes over accumulative ones is the geomorphological feature of the Caucasus Black Sea coasts, therefore the main problems of environmental management are the protection of the coast from storm waves and shortage of beaches. Creation of complexes of artificial beaches with beach-retaining structures, that simultaneously perform coastal protection and recreational functions, is the most promising solution to these problems in the 21st century. It is noted that the conditions of the considered coastal section are favorable for the use of local coastal protection.

Keywords: Black sea, seashores, abrasion, accumulation, beach, monitoring, coastal protection, environmental management

Acknowledgement: A review of the current state of the Black Sea coasts was carried out within the framework of the theme of the State Assignment No. 0128-2021-0013. Detailed information on individual coastal areas was obtained with the support of the RFBR (projects 18-55-34002, 18-05-80035, 19-05-00716, 19-45-230001, 19-45-230004, 20-05-00009) and the Russian Science Foundation (20-17-00060).

References

Ajbulatov, N.A., 2005: *Deyatel'nost' Rossii v pribrezhnoj zone morya* (Russia's activities in the coastal zone of the sea). Moscow, Nauka, 264.

Ajbulatov, N.A., and F.A. Scherbakov, 2001: Shel'f i berega vnutrennih more Rossii. Chernoe more (Shelf and shores of the inland seas of Russia. Black Sea). *Geoekologiya shel'fa i beregov morej Rossii*, Moscow, Noosfera, 166–212.

Al'tman, E.N. and A.I. Simonov (ed.), 1991: Chernoe more. Gidrometeorologicheskie usloviya (Black Sea. Hydrometeorological conditions). *Gidrometeorologiya i gidrohimiya morej SSSR*, Leningrad, Gidrometeoizdat, 429.

Bukhanovskii, A.V., L.I. Lopatukhin, V.A. Rozhkov, B.V. Divinskii and R.D. Kos'yan, 2000: Typification of instrumentally measured wind waves in the Black sea. *Oceanology*, **40**(2), 267–275.

Divinskii, B.V., R.D. Kos'yan, I.C. Podymov and O.V. Pushkarev, 2003: Extreme waves in the northeastern Black Sea in february 2003. *Oceanology*, **43**(6), 891–893.

Esin, N.V., M.T. Savin and A.P. Zhilyaev, 1980: *Abrazionnyj process na morskom beregu* (Abrasion process on the seashore), Leningrad, Gidrometeoizdat, 200 p.

Ignatov, E.I., S.A. Luk'yanova and G.D. Solov'eva, 2016: Morskie berega Kryma (Crimea seashore). *Geomorfologiya*, **1**, 55–63.

Ignatov, E.I., S.A. Luk'yanova and G.D. Solov'eva, 2015: Tipizaciya beregov Kryma (Typification of the Crimean coast). *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon morya*, **1**, 20–28.

Isupova, M.V., E.V. Dzaganiya, V.V. Krylenko and M.V. Krylenko, 2014: Effect of an extreme shower (July 6–7, 2012) on the hydrological-morphological processes in the basins of small mountain rivers: case study of the Ashamba. *Water Resources*, **42**(1), 108–115.

Izmajlov, Ya.A., 2005: *Evolyucionnaya geografiya poberezhij Azovskogo i Chernogo morej.* Kniga 1. Anapskaya peresyp' (Evolutionary geography of the coasts of the Azov and Black seas. Book 1. Anapa bay-bar). Sochi, Lazarevskaya poligrafiya, 175 p.

Kos'yan, R.D. and O.T. Magoon, 1993: *Coastlines of the Black Sea*. New York, ASCE, 573 p.

Kosyan, R., M. Krylenko and N. Yaroslavsev, 2005: Study of beach state and coastal protection in the neighborhood of Sochi City. *Proc. of the 7th International Conference on the Mediterranean Coast Environment*, Turkey, MEDCOAST.

Kosyan, R.D. and V.V. Krylenko, 2018: Basic criteria for comprehensive classification of Russia's Azov–Black sea coasts. *Oceanology*, **58**, 470–478.

Kos'yan, R.D. and V.V. Krylenko, 2014: *Sovremennoe sostoyanie morskih akkumulyativnyh beregov Krasnodarskogo kraya i ih ispol'zovanie* (The current state of the sea accumulative shores of the Krasnodar territory and their use), Moscow, Nauchnyj mir, 256 p.

Kos'yan, R.D., 2013: Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote po teme: Nauchnoe obespechenie sbalansirovannogo planirovaniya hozyajstvennoj deyatel'nosti na unikal'nyh morskih beregovyh landshaftah i predlozheniya po ego ispol'zovaniyu na primere Azovo-Chernomorskogo poberezh'ya (Scientific support of balanced planning of economic activities on unique sea coastal landscapes and proposals for its use on the example of the Azov-Black Sea coast) T. 8. *Chernoe more. Arhiv Yuzhnogo otdeleniya Instituta okeanologii im. P.P. Shirshova RAN*, Gelendzhik, YUO IO RAN, 1193–1318.

Kos'yan, R.D., B.V. Divinskij, M.V. Krylenko, S.B. Kuklev and V.V. Krylenko, 2011: Evolyuciya berega Anapskoj peresypi Chernogo morya (Evolution of the coast of the Anapa bay bar of the Black Sea). *Trudy 2 mezhdunarodnoj konferencii «Sozdanie i ispol'zovanie iskusstvennyh zemel'nyh uchastkov na beregah i akvatorii vodoemov»,* Novosibirsk, SO RAN, 208–213.

Kos'yan, R.D., M.V. Krylenko and V.V. Krylenko, 2012: Beregovaya zona morya kak resurs ekonomicheskogo razvitiya Chernomorskogo poberezh'ya Rossii (Coastal zone of the sea as a resource for the economic development of the Black Sea coast of Russia). *Geografiya: istoriya, sovremennost', perspektivy (red G.S. Guzhin)*, Krasnodar, KubGU, 187–195.

Kosyan, R.D., M.V. Krylenko, B.B. Chubarenko and D.V. Ryabchuk, 2013: Russian coasts of European seas. *Coastal erosion and protection in Europe (ed. Pranzini E., Williams A.)*, UK, Earthscan, 9–30.

Kos'yan, R.D., V.V. Krylenko and M.V. Krylenko, 2020: Razrabotka prognoza razvitiya akkumulyativ-nyh beregov besprilivnyh morej Rossii (Forecast for the development of accumulative shores of Russian non-tidal seas). *Vestnik Krasnodarskogo regional'nogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva*, Krasnodar, 104–109.

Kos'yan, R.D., S.B. Kuklev and V.V. Krylenko, 2012: Hrupkoe ravnovesie Anapskoj peresypi (The delicate balance of the Anapa bay-bar). *Priroda,* **2**, 19–28.

Krivosheya, V.G., I.M. Ovchinnikov, V.B. Titov, V.G. Yakubenko and A.Yu. Skirta, 1998: Meandering of the main Black sea current and eddy formation in the north-eastern part of the Black sea in summer 1994. *Oceanology,* **38**(4), 492–498.

Krylenko, M.V., 2014: Monitoring researchers of the Black Sea coast dynamics (Krasnodar region, Russia). *Proc. of the PERSEUS Training Courses "Challenge for good environmental status in coastal waters" and 3-rd International Seminar "Dynamics of the coastal zone in the non-tidal seas,* Gelendzhik, 18–23.

Krylenko, M.V. and V.V. Krylenko, 2012: Rel'ef pribrezhnoj zony p-ova Abrau kak rekreacionnyj resurs (The relief of the coastal zone of the Abrau Peninsula as a recreational resource). *Materialy 7-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Stroitel'stvo v pribrezhnyh kurortnyh regionah»*. Sochi, 269–271.

Krylenko, M.V., 2009: Relief of the Black Sea Coastal Zone between Anapa and Novorossiysk as Recreational Factor. *Proc. of the international conference MEDCOAST-09*. Sochi, **1**, 463–468.

Krylenko, V. and M. Krylenko, 2017: Lagoons of the Black Sea. Part of the series ‘‘Estuaries of the World”, *Chapter: The diversity of Russian estuaries and lagoons exposed to human influence (ed. R. Kosyan)*, Springer International Publishing, 93–110.

Krylenko, V.V. and M.V. Krylenko, 2008: Dinamika iskusstvennogo plyazha v Maloj buhte (g. Anapa) (Dynamics of an artificial beach in Malaya Bay (Anapa)). *Materialy mezhdunarodnoj konferencii «Dinamika pribrezhnoj zony bespri-livnyh morej»,* Kaliningrad, Terra Baltika, 79–83.

Krylenko, V.V., 2015: Seashore dynamics of the Anapa bay-bar. *Oceanology,* **55**(5), 742–749.

Krylenko, V.V., R.D. Kosyan and A.D. Kochergin, 2011: Regularities of the formation of the granulometric composition of the bottom and beach deposits of the Anapa bay-bar. *Oceanology*, **51**(6), 1061–1071.

Krylenko, V.V., R.D. Kosyan, M.V. Krylenko and I.S. Podymov, 2014: Transport of solid material to the coastal zone near Gelendzhik after extremely heavy rains. *Oceanology*, **54**(1), 88–94.

Krylenko, V.V., M.V. Krylenko and A.M. Alejnikova, 2009: Iskusstvennyj plyazh kak element rekrea-cionnogo landshafta (Artificial beach as an element of the recreational landscape). *Trudy mezhdunarodnoj konferencii «Sozdanie i ispol'zovanie iskusstvennyh zemel'nyh uchastkov na beregah i akvatorii vodoemov»*, Novosibirsk, ISO RAN, 55–58.

Mal'cev, V.P., A.M. Markov and M.G. Markova, 1987: Tekhnicheskie, social'nye i ekonomicheskie as-pekty sozdaniya iskusstvennyh territorij na Chernomorskom poberezh'e (Technical, social and economic aspects of the creation of artificial territories on the Black Sea coast). *Voprosy inzhenernoj zashchity beregov Chernogo morya (red. V.V. Kovalev)*, Moscow, 49–58.

Mihajlov, V.N., D.V. Magrickij and A.A. Ivanov, 2010: *Gidrologiya del'ty i ust'evogo vzmor'ya Kubani (Hydrology of the Kuban delta and estuarine seaside)*. Moscow, GEOS, 728 p.

Myslivec, V.I., A.V. Bredihin, G.A. Saf'yanov, G.I. Rychagov, E.I. Ignatov, L.A. Zhindarev and E.V. Selezneva, 2016: Problemy prognoza razvitiya morskih beregov evropejskoj Rossii (Morfogeneticheskie tipy beregov) (Problems of forecasting the development of sea coasts of European Russia (Morphogenetic types of coasts)). *Geomorfologiya*, **4**, 70–77.

Peshkov, V.M., 2003: *Beregovaya zona morya (Coastal zone of the sea)*. Krasnodar, Lakont, 350 p.

Shujskij, Yu.D., 1986: *Problemy issledovaniya balansa nanosov v beregovoj zone morej (Problems of studying sediment balance in the coastal zone of the seas)*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 240 p.

Til'ba, P.A. and R.A. Mnacekanov, 2006: *Anapskie plavni. Vodno-bolotnye ugod'ya Rossii (Anapa overflow lands. Wetlands of Russia)*. Moscow, Wetlands International, 74–76.

Zenkovich, V.P., 1958: *Berega Chernogo i Azovskogo morej (The shores of the Black and Azov seas).* Moscow, Gos. izd. geogr. lit., 374 p.

Zenkovich, V.P., 1962: *Osnovy ucheniya o razvitii morskih beregov* (Fundamentals of the doctrine of the sea shores development). Moscow, AN SSSR, 710 p.