

Литодинамика береговой зоны Инкит-Пицундского района Абхазии

Г. В. Тлявлиная *, В. А. Петров, Р. М. Тлявлин

*Научно-исследовательский центр «Морские берега»
(ОП АО ЦНИИТС), Сочи, Россия*

** e-mail: TlyavlinaGV@Tsnis.com*

Аннотация

Исследованы литодинамические процессы в береговой зоне Черного моря на участке от м. Инкит до м. Пицунда в Республике Абхазия. Выполнен обзор исследований литодинамики данного участка берега прошлых лет. Показаны принципы выделения литодинамических районов. Описаны характеристики поперечной и продольной структур береговых систем. Разработана схема литодинамического районирования исследуемого участка. Описаны источники поступления наносов и их движение в береговой зоне исследуемого участка Инкит-Пицундского района Абхазии. Даны характеристики вдольберегового потока наносов на участке. Исследована динамика береговой линии на фрагменте берега Бзыбь – Пицунда. Выполнена оценка объема наносов, выносимых р. Бзыбью, и его сравнение с величиной общего вдольберегового потока галечных наносов на участке. Проанализирована динамика береговой линии по материалам исследований прошлых лет с учетом аэрофотосъемок. Оценен сток наносов в вершины подводных эрозионных ложбин (каньонов), расположенных на подводном береговом склоне от р. Бзыби до м. Пицунда. Показано, что, хотя ширина галечных пляжей может достигать 50 м, в верхней части береговой зоны наблюдаются подмывы древнего берегового вала и низкой террасы, сложенных легко размываемыми отложениями. Эти подмывы обусловлены воздействием больших волн во время шторма, накат которых не гасится полностью на надводной части даже таких широких пляжей. Сделан вывод о том, что ширина существующего пляжа недостаточна для полного гашения штормовых волн, о чем свидетельствуют подмывы древних береговых валов. Кроме того, такие подмывы обусловлены общим отступанием береговой линии в пределах морской террасы, расположенной между устьем р. Бзыби и м. Пицунда.

Ключевые слова: абразия, аллювиальные отложения, литодинамика, литодинамическое районирование, пляж, подводные каньоны, поток наносов, прибрежная зона, аккумулятивные террасы

Для цитирования: Тлявлиная Г. В., Петров В. А., Тлявлин Р. М. Литодинамика береговой зоны Инкит-Пицундского района Абхазии // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2024. № 1. С. 45–56. EDN GGICDK.

© Тлявлиная Г. В., Петров В. А., Тлявлин Р. М., 2024



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

Lithodynamics of the Coastal Zone in the Inkit-Pitsunda Area (Abkhazia)

G. V. Tlyavlina *, V. A. Petrov, R. M. Tlyavlin

Research center "Sea coasts" (Branch of JSC TsNIITS), Sochi, Russia

** e-mail: TlyavlinaGV@Tsniiis.com*

Abstract

The paper studies lithodynamic processes in the Black Sea coastal zone from Cape Inkit to Cape Pitsunda in the Republic of Abkhazia. A review of past studies of the coastal lithodynamics in this area was carried out. The principles of allocation of lithodynamic areas were shown and the characteristics of the transverse and longitudinal structures of coastal systems were described. A scheme of lithodynamic zoning of the studied area has been developed. The paper describes sources of sediments intake and their movement in the studied coastal zone of the Inkit-Pitsunda area of Abkhazia, and provides characteristics of the longshore sediment flow in the area. The coastline dynamics on a fragment of the Bzyb-Pitsunda coast was investigated. The paper estimates the volume of sediments carried out by the Bzyb River and compares it with the value of the total longshore flow of pebble sediments on the site. The coastline dynamics based on research materials of previous years was analysed, the aerial photographs taken into account. The paper also estimates sediment runoff into the tops of underwater erosion hollows (canyons) located on the underwater coastal slope from the Bzyb River to Cape Pitsunda. The paper shows that although the width of pebble beaches may reach fifty meters, in the upper part of the coastal zone, the ancient barrier beach and low terrace, which are composed of highly erodible sediments, are exposed to washouts. These washouts are caused by large waves during passing storms, and their run-up is not completely damped on the surface of even such wide beaches. The authors conclude that the existing beach is not wide enough to completely damp storm waves, as evidenced by the washouts of ancient barrier beaches. In addition, the erosion of the ancient barrier beach bases is due to the general retreat of the coastline within the sea terrace located between the mouth of the Bzyb River and Cape Pitsunda.

Keywords: abrasion, alluvial deposits, lithodynamics, lithodynamic zoning, beach, underwater canyons, sediment flow, coastal zone, accumulative terraces

For citation: Tlyavlina, G.V., Petrov, V.A. and Tlyavlin, R.M., 2024. Lithodynamics of the Coastal Zone in the Inkit-Pitsunda Area (Abkhazia). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (1), pp. 45–56.

Введение

Исследуемый участок берега расположен на юго-западном фланге Пицундского п-ова между мысами Инкит и Пицунда. Прилегающий участок дна между устьем р. Бзыби и м. Пицунда осложнен разветвленной системой подводных каньонов, вершины которых подходят близко к берегу. Наиболее крупным из них является каньон Акула [1], выходящий к Инкитскому мысу (рис. 1). Наличие на подводном склоне эрозионных ложбин усложняет береговые процессы.

Достоверная оценка природных процессов, протекающих в береговой зоне моря, и их направленности имеет очень важное научное и практическое значение. Так, надежность и эффективность сооружений инженерной защиты

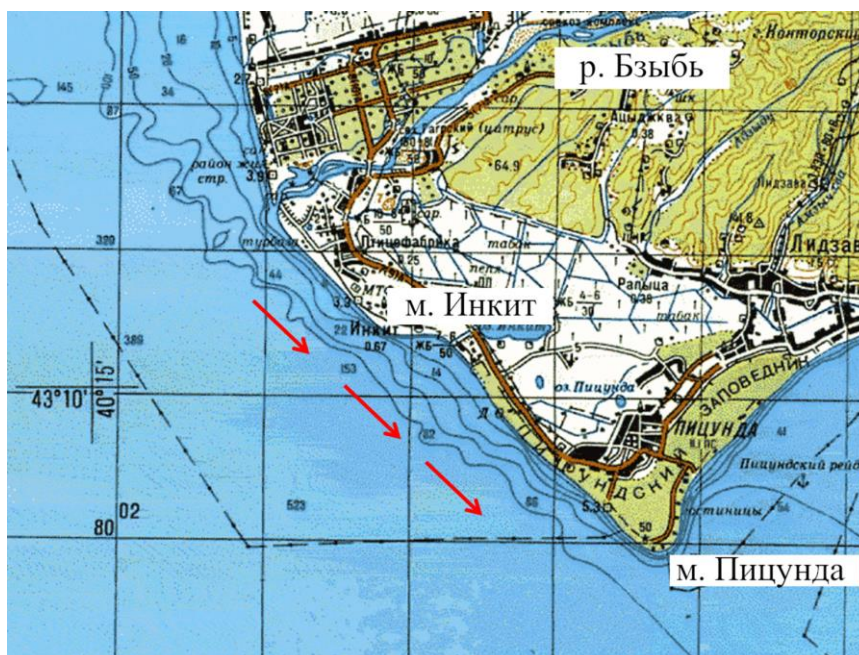


Рис. 1. Исследуемый участок берега. Стрелками показано направление вдольберегового потока наносов. Адаптировано из карт URL: <https://satmaps.info/map.php?s=100k&map=k-37-033>

Fig. 1. The investigated shore. The arrows show the direction of the longshore sediment flow. Adapted from <https://satmaps.info/map.php?s=100k&map=k-37-033>

от волнового воздействия во многом зависит от изученности и правильной оценки литодинамики и морфологии участка [2, 3]. При этом влияние различных факторов может быть выявлено только при долговременных наблюдениях за состоянием берега.

С конца прошлого столетия и по настоящее время на участке берега между устьем р. Бзыби и м. Пицунда комплексные исследования береговых процессов, позволяющие оценить их направленность, не проводились. Наблюдения за динамикой галечного пляжа также не велись. После грузино-абхазского конфликта (1992–1993 гг.) специальные береговые исследования выполняли лишь некоторые сотрудники Академии наук Абхазии при ограниченном участии российских ученых [4]. Все это затрудняет объективную оценку береговых процессов, протекающих в настоящее время на рассматриваемом участке, и направленности их развития.

Исходя из проведенного анализа имеющихся данных о состоянии береговой зоны между устьем р. Бзыби и м. Пицунда и происходящих в этой зоне процессах, а также влиянии на них антропогенного фактора, степень изученности этих процессов на современном этапе можно охарактеризовать как недостаточную.

Целью исследования является оценка геоморфологических условий береговой зоны между мысами Инкит и Пицунда и выявление направленности литодинамических процессов.

Материалы и методы исследования

При выполнении исследования использованы материалы полевых работ, проведенных авторами летом 2023 г. (батиметрические и топографические съемки, обследование береговой зоны), а также данные, полученные на основе анализа протекающих береговых процессов с учетом поступления из рек пляжеобразующего материала и конфигурации береговой линии [5].

Результаты и обсуждение

Литодинамическая система представляет собой совокупность характерных природных и антропогенных факторов, которые обуславливают взаимосвязанные береговые процессы, протекающие на рассматриваемом участке берега и не зависящие от соседних участков, и определяют устойчивость самой системы.

Береговая литодинамическая система характеризуется поперечной и продольной структурами. Поперечная структура включает данные о формировании поперечного профиля галечного пляжа под воздействием волн и его изменении вдоль берега. Для галечных пляжей береговая литодинамическая система со стороны моря ограничена местом оттягивания галечного материала во время шторма, что соответствует глубине последнего обрушения волн [5]. Верхней границей на берегу является вершина наката волн. Следовательно, в поперечном разрезе ширина береговой литодинамической системы равна длине наката максимально возможного (расчетного) шторма. В пределах этой выделенной зоны происходит поперечное перемещение галечного материала с его дифференциацией и формирование профиля пляжа. Главным фактором, определяющим формирование профиля галечного пляжа и рельеф подводного склона, являются поверхностные волны (ветровые и зыбь) и возбуждаемые ими разнообразные течения, играющие важнейшую роль в перемещении наносов и преобразовании рельефа береговой зоны. Глубина моря является одной из основных характеристик, обуславливающих направление и скорость распространения волн и, как следствие, деформацию берегов и дна. Влияние рельефа дна на высоты волн и углы их подхода к берегу начинает проявляться с глубин, равных половине длины волн.

Продольная вдольбереговая структура литодинамической системы в первую очередь характеризуется объемами перемещаемого материала и их изменениями на разных участках берега, а также изменением поперечной структуры, обусловленной конфигурацией береговой линии, поступлением пляжеобразующего материала из водотоков и абразионных процессов, изменением глубин и т. д.

Основными литодинамическими характеристиками, информацию о которых получают при исследованиях, являются направление движения и объемы наносов, перемещающихся под воздействием гидрогенных факторов, а также последующие преобразования рельефа пляжа и прилегающего подводного склона. Поэтому наиболее полную оценку процессов, протекающих в береговой зоне, можно получить при исследованиях вдольбереговой и поперечной структур вдольберегового потока наносов как интегрального фактора, определяющего ее состояние. Начало и окончание потока наносов определяют границы литодинамической системы вдоль берега, а поперечная структура

потока наносов определяет глубину моря, до которой необходимо анализировать протекающие в береговой зоне литодинамические процессы. Таким образом, в основе выделения литодинамической системы лежит вдольбереговой поток наносов, который определяется воздействием волн на поступающий в береговую зону пляжеобразующий материал. Под вдольбереговым потоком наносов понимается результирующее перемещение материала под воздействием всего спектра волн за длительный период (обычно за год), а точнее – вдольбереговой проекции волновой энергетической равнодействующей, которая вдоль побережья распределяется весьма неравномерно и величина которой зависит от экспозиции конкретного участка берега. Под воздействием волн разных румбов пляжный материал может смещаться вдоль берега в противоположных направлениях.

Фрагмент берега между устьем р. Бзыби и м. Пицунда примыкает к более молодой прибрежной части (возраст которой не превышает 2.0–2.5 тыс. лет) аккумулятивной равнины Пицундского п-ова, являющейся частью аллювиально-морской террасы, формировавшейся в течение последних 11–12 тыс. лет. Приморская равнина сложена легко размываемыми отложениями, мощность которых достигает 90–100 м. Отложения представлены отдельными слоями иловатых глин и илистых песков, достигающими толщины 16–18 м, которые перекрыты торфяником мощностью до 4–5 м. На севере Пицундская низменность примыкает к южным склонам Мюссерской возвышенности. Западная граница низменности проходит по левобережью нижнего течения р. Бзыби [6], а южная ограничивается морской береговой линией. Поверхность низменности имеет низкие отметки высоты, что способствовало образованию реликтовых озер, наиболее крупным из которых является оз. Инкит.

Исследуемый участок берега, расположенный между мысами Инкит и Пицунда, включает три морфологически разных фрагмента берега. На северном фланге расположена б. Инкитская, плавно переходящая в относительно прямолинейный центральный фрагмент берега, сменяющийся на восточном фланге бухтообразным берегом, протягивающимся до м. Пицунда. Прямолинейность среднего участка берега, сложенного легко размываемыми наносами, азимут которого равен 140° , объясняется его разворотом параллельно фронту равнодействующей волн.

Как показали выполненные исследования^{1), 2)} [1], из-за особенностей гидродинамического режима моря в пределах участка берега от м. Кодош, расположенного северо-западнее г. Туапсе и являющегося естественной преградой для перемещающихся наносов, и до м. Пицунда на протяжении 160 км ранее (до возведения различного рода гидротехнических сооружений, таких как ограждающие молы портов Туапсе, Сочи, Имеретинский) был выражен единый вдольбереговой поток наносов. Это дает основание выделить этот фрагмент берега в единую Кодош-Пицундскую литодинамическую систему.

¹⁾ *Зенкович В. П.* Берега Черного и Азовского морей. Москва : Государственное издательство географической литературы, 1958. 374 с

²⁾ *Зенкович В. П.* Морфология и динамика советских берегов Черного моря. Москва : Издательство АН СССР, 1958. Том 1. 187 с.

Полоса пляжа на побережье Краснодарского края и Абхазии от м. Кодош до м. Пицунда сложена песчано-галечными наносами. Основным источником питания галечных пляжей рассматриваемого региона является преимущественно крупнообломочный материал, поставляемый реками³⁾ [7]. Незначительная часть обломочного материала, не имеющая решающего значения, поступает от абразии берегового уступа и физического выветривания слагающих его пород, а также в результате абразии пород коренного дна.

В структуре вдольберегового потока наносов выделяют три составных части, каждая из которых характеризуется доминированием определенных процессов развития⁴⁾. Первая часть – зона зарождения потока наносов, в пределах которого преобладают абразия и размыв. Вторая часть – участок транзита вдольберегового потока наносов, где абразия и размыв чередуются с отложением пляжного материала. Третья часть – участок разгрузки, на котором происходит аккумуляция материала, перемещаемого под воздействием волн.

В естественных условиях во вдольбереговом потоке наносов, идущем от м. Кодош до м. Пицунда, не отмечалось классического деления на зоны его зарождения, транзита и разгрузки (аккумуляции). Процессы аккумуляции и транспорта наносов в береговой зоне рассматриваемого фрагмента берега были связаны с твердым стоком рек, его перераспределением под действием волнового и прибойного потоков и порождаемыми этими потоками течениями. Сгонно-нагонные явления и ветровые (дрейфовые) течения в распределении пляжного галечного материала играют подчиненную роль.

В выделенной естественной Кодош-Пицундской литодинамической системе не было единого источника поступления пляжного материала в береговую зону. На протяжении всей системы происходило постоянное пополнение пляжным материалом единого вдольберегового потока наносов за счет твердого стока крупных и малых рек, а также ручьев и временных водотоков. В сложных орографических условиях при наличии многочисленных временных водотоков, небольших ручьев и относительно крупных рек (Аше, Псеуапсе, Шахе, Сочи, Мзымта, Бзыбь) зоны зарождения, пополнения и транзита вдольберегового потока наносов слились в единую зону – зону насыщения вдольберегового потока наносов [5].

Без учета антропогенного вмешательства зоны разгрузки вдольберегового потока наносов (аккумуляции пляжного материала) примыкают к северо-западным флангам аккумулятивных выступов рек Аше, Псеуапсе, Сочи, Мзымта, Бзыбь. Участки аккумуляции пляжного материала также можно наблюдать у мысов, например Уч-Дере, Видного, Пицунда.

Внутри выделенной литодинамической системы величина вдольберегового потока галечных наносов может меняться в зависимости от поступления в береговую зону пляжного материала и изменения транспортирующей способности волн, обусловленной соотношением их направления и контура береговой линии. На участке берега (м. Кодош – м. Пицунда) нет классического

³⁾ Макаров К. Н., Тлявлиня Г. В., Тлявлин Р. М. Научно-методическое обоснование генеральной схемы берегозащиты сочинской агломерации «Морской Фасад». Сочи : Сочинский государственный университет, 2019. 213 с.

⁴⁾ Сафьянов Г. А. Геоморфология морских берегов. Москва : МГУ, 1996. 400 с.

деления литодинамической системы на зоны зарождения вдольберегового потока наносов и его транзита. В процессе продвижения потока в юго-восточном направлении его величина постоянно менялась в результате пополнения потока пляжеобразующим галечным материалом за счет твердого стока рек.

Поступление пляжеобразующего галечного материала в береговую зону, обусловленное твердым стоком рек и определяющее изменение величины вдольберегового потока галечных наносов, может быть принято за основу разделения единой литодинамической системы на подсистемы. Исходя из этого, границами литодинамических подсистем могут являться устья рек, наиболее значимых по величине твердого стока. Перечисленные выше факторы дают основание для выделения в единой литодинамической системе литодинамических подсистем [5]. От м. Кодош до м. Пицунда с учетом основных источников поступления материала (крупные реки рассматриваемого региона, такие как Аше, Псецуапсе, Шахе, Сочи, Мзымта, Бзыбь) можно выделить несколько литодинамических подсистем, являющихся составными неразрывными частями единой Кодош-Пицундской литодинамической системы: Аше-Туапсинскую, Аше-Псецуапсинскую, Шахе-Псецуапсинскую, Шахе-Сочинскую, Сочинско-Мзымтинскую, Псоу-Мзымтинскую, Псоу-Бзыбскую и Бзыбь-Пицундскую. Общим для этих литодинамических подсистем являлось наличие вдольберегового потока наносов, направленного с северо-запада на юго-восток (от Туапсе в сторону м. Пицунда). Вдольбереговой поток наносов не обходит м. Кодош, но проходит через устья указанных выше рек и обходит мысы, такие как Уч-Дере, Видный и ряд других. На м. Пицунда происходила окончательная разгрузка вдольберегового потока галечных наносов, которые, откладываясь на пляже и подводном склоне, способствовали общему выдвиганию мыса в сторону моря [8]. Поэтому рассматриваемые литодинамические подсистемы ранее (до возведения ограждающих молов Сочинского и Имеретинского портов) были незамкнутыми. Возведенные молы Сочинского (1936 г.) и Имеретинского (2008 г.) портов прервали единый вдольбереговой поток галечных наносов, вследствие чего Сочинско-Мзымтинская и Псоу-Мзымтинская литодинамические подсистемы стали обособленными.

Исходя из предлагаемого принципа выделения литодинамических подсистем, в основе которого лежит вдольбереговой поток наносов, пополняемый из значительного источника пляжеобразующего материала, (крупные реки исследуемого региона), рассматриваемый участок берега входит в Бзыбь-Пицундскую литодинамическую подсистему. Сходно с этим и представление о выделении в береговой зоне на участке между устьями рек Псоу и Ингури шести самостоятельных береговых динамических систем, включая и Бзыбскую, по критерию наличия отдельных вдольбереговых потоков наносов, формируемых речными наносами [9].

Выделенные крупные структурные ячейки – литодинамическая система и входящие в нее подсистемы – включают протяженные участки берега, которые определяют общую направленность протекающих в них береговых процессов. При выборе инженерных решений берегозащитных сооружений для детального учета береговых процессов, протекающих на рассматриваемом участке берега, необходимо выделять более мелкие литодинамические структуры, внутри которых следует проводить подробные литодинамические исследования.

В выделенной Бзыбь-Пицундской литодинамической подсистеме, исходя из влияния конфигурации береговой линии (выступающий в море м. Инкит) на вдольбереговой поток наносов, можно выделить Бзыбь-Инкитский и Инкит-Пицундский литодинамические районы. Внутри Инкит-Пицундского литодинамического района, с учетом конфигурации береговой линии, можно выделить три литодинамических участка (рис. 2):

- 1) западный, расположенный в пределах Инкитской бухты,
- 2) центральный, представляющий собой ровный фрагмент берега,
- 3) восточный, бухтообразный, заканчивающийся мысом Пицунда.

Деление единой литодинамической системы на части обосновано необходимостью более детальных литодинамических исследований, например для обоснования берегозащитных мероприятий.

В связи с этим для достоверной оценки современных процессов, протекающих в береговой зоне необходимо рассмотреть с одной стороны, возможное влияние на них антропогенного вмешательства, а с другой – их влияние на возводимые берегозащитные сооружения. Кроме того, следует дать прогноз возможного состояния пляжей и вдольберегового потока наносов Бзыбь-Инкитского литодинамического района, расположенного выше по ходу потока, т. е. начиная от устья р. Бзыби.

Рассматриваемый участок берега расположен в пределах Инкит-Пицундского литодинамического района, входящего в Бзыбь-Пицундскую литодинамическую подсистему. Динамика пляжей этой литодинамической подсистемы в первую очередь определяется вдольбереговым потоком наносов, направленным в сторону м. Пицунда. Основным объемом наносов, поступающих в береговую зону и под воздействием волн формирующих вдольбереговой поток, который определяет состояние пляжей на рассматриваемом участке берега, приходится на выносы р. Бзыби. Из этого объема на долю взвешенных



Рис. 2. Схема литодинамического районирования исследуемого района. Снимок Google Earth (URL: <https://www.google.com/intl/ru/earth/>)

Fig. 2. Scheme of lithodynamic zoning of the studied area. Google Earth image (available at <https://www.google.com/intl/ru/earth/>)

наносов приходится⁵⁾ 715 тыс. т, а сток влекомых составляет 205 тыс. т. По данным экспедиций Тбилисского университета, проводимых с 1972 по 1978 г., в стоке влекомых наносов р. Бзыби доля частиц диаметром более 50 мм составляет 26 % от общего веса, диаметром от 50 до 100 мм – 31 %. Во время прохождения весенних половодий почти половина от выносимых рекой влекомых наносов приходилась на частицы диаметром от 20 до 100 мм. В выносах в незначительных объемах присутствовали наносы диаметром более 200 мм. В многолетнем разрезе объем наносов, выносимых р. Бзыбью, превышает объем вдольберегового потока галечных наносов, в связи с чем ее устье в основном формируется под преобладающим влиянием речного фактора [9]. Существенное влияние на состояние пляжей на участке берега от устья р. Бзыби до м. Пицунда оказывает приглубость подводного склона, осложненного системой подводных эрозионных ложбин – каньонами. Они обуславливают подход к берегу высоких волн, мало меняющихся по сравнению с волнами открытого моря. Под воздействием волнений западных направлений при своем перемещении наносы, выносимые р. Бзыбью, теряются в вершинах подводных каньонов. Наиболее активным и максимально приближенным к берегу является каньон Акула, расположенный в районе Инкитского выступа [1]. Сток наносов в вершину этого каньона может достигать 50 тыс. м³ в год, что составляет более половины от вдольберегового потока наносов на рассматриваемом участке берега [6], по оценочным данным равного 80 тыс. м³ в год [1]. Потери пляжных наносов в каньоне Акула являются основной причиной врезания Инкитской бухты [1], где отступление берега в среднем оценивается в 0.3–0.5 м/год [6]. На исследуемом участке вблизи берега на дне нет эрозионных ложбин, влияющих на вдольбереговое перемещение пляжеобразующего материала и волновые условия.

Динамика береговой линии на участке от устья р. Бзыби до м. Пицунда подвержена циклическим колебаниям, обуславливающим чередование этапов размыва и аккумуляции пляжей. На состояние пляжей западного побережья Пицундского п-ова оказывают влияние как многолетние изменения волновой активности моря, так и изменения в величине твердого стока р. Бзыби. Периоды высокой волновой активности обычно совпадают с общим снижением твердого выноса рек. Как следствие, западный берег полуострова начинает размываться. Сопоставление данных о величине твердого стока р. Бзыби показывает, что на ее предустьевом участке периодически создается острый дефицит наносов или их избыток. При совпадении периодов снижения твердого стока реки с фазой повышенной волновой активности наблюдаются размывы пляжей западного побережья Пицунды, как, например, в начале 1960-х гг. [10]. Изменчивость твердого стока р. Бзыби и волнового режима моря сказывается и на стоке наносов в подводные каньоны.

Динамические изменения контура береговой линии, обусловленные разными циклами волновой активности и изменениями во времени величины стока пляжеобразующих наносов р. Бзыби, развиваются на фоне общего отступления береговой линии юго-западного побережья Пицундского п-ова.

⁵⁾ Хмаладзе Г. Н. Выносы наносов реками Черноморского побережья Кавказа. Ленинград : Гидрометеиздат, 1978. 167 с.

В многолетнем плане этот участок побережья м. Пицунда относится к району, в котором интенсивно развиваются абразионные процессы в береговой зоне [11]. Сопоставление аэрофотоснимков и космических снимков указывает, что за последние 80 лет берег в районе м. Инкит отступил на 65–70 м [4]. К югу от Инкитского залива прогнозная скорость отступления береговой линии за последние сто лет составила 60–110 м [12].

Несмотря на то что ширина галечного пляжа достигает 50 м, в его верхней части наблюдаются подмывы древнего берегового вала и низкой террасы, сложенных легко размываемыми отложениями. Эти подмывы обусловлены большими волнами во время шторма, накат которых не гасится полностью на надводной части даже таких широких пляжей.

Уступ размыва древнего берегового вала, сложенный песком с примесью гравия и мелкой гальки, смещается в сторону берега. Волны размывают береговой вал и низкую террасу, что приводит к падению сосен (рис. 3).

На темпы отступления береговой линии существенное влияние оказывает повторяемость прохождения сильных штормов, а также конфигурация берега, обуславливающая неоднородное распределение волновой энергии. По оценочным данным, скорость отступления береговой линии в целом между мысами Инкит и Пицунда за последние 20 лет составила 0.3–0.4 м/год.

Рельеф подводного склона не однороден. До глубины 10–11 м на дне, сложенном рыхлыми отложениями, прослеживаются несколько эрозионных ложбин, вершины которых выходят на глубины 5–5.5 м. Глубина вреза этих ложбин относительно окружающей поверхности дна не превышает 0.6 м. В районе 5–5.5 м относительно пологий рельеф дна переходит в более крутой, формирование которого обусловлено смещением крупного пляжеобразующего материала к зоне окончательного разрушения штормовых волн.

Подводная часть пляжа (до глубины 5 м) осложнена рядом неглубоких поперечных ложбин. По-видимому, эти ложбины образуются во время штормов как каналы стока наносов на глубину. Крупнообломочные наносы не уходят мористее зоны обрушения волн, а мелкие по указанным выше эрозионным ложбинам выносятся на более низкие горизонты.



Р и с . 3 . Подмыв и падение сосен с северной стороны исследуемого участка берега

Fig . 3 . The washout and fall of pine trees from the north side of the investigated shore section

Заключение

На основании выполненных литодинамических исследований и анализа данных получены следующие результаты:

- основным источником поступления пляжного материала на рассматриваемый участок берега являются выносы р. Бзыби;
- под воздействием волн перемещение пляжного галечного материала во вдольбереговом потоке наносов направлено на юго-восток в сторону м. Пицунда;
- берег и дно подводного склона на рассматриваемом участке берега сложены легко размываемыми аллювиальными отложениями;
- в настоящее время в береговой зоне лежит пляж шириной 50–55 м;
- в верхней своей части пляж сложен песком, меняющимся по мере продвижения в сторону моря на галечно-гравийные отложения;
- ширина пляжа поддерживается вдольбереговым потоком, идущим от устья р. Бзыби;
- ширина существующего пляжа недостаточна для полного гашения штормовых волн, о чем свидетельствуют подмывы древних береговых валов;
- подмывы оснований древних береговых валов обусловлены общим отступанием береговой линии в пределах морской террасы, расположенной между устьем р. Бзыби и м. Пицунда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пешков В. М.* Галечные пляжи неприливных морей (основные проблемы теории и практики). Краснодар, 2005. 444 с.
2. *Тявлина Г. В.* Лабораторные и натурные исследования в обеспечение развития нормативной базы и безопасности транспортных сооружений в условиях волнового воздействия // Транспортные сооружения. 2022. Т. 9, № 4. EDN JVREME. doi:10.15862/10SATS422
3. *Тявлина Г. В.* Методы научного обоснования нормативных требований в области инженерной защиты транспортных сооружений от волнового воздействия // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. № 2. С. 80–91. EDN YRHHNU. doi:10.52409/20731523_2023_2_80
4. Морфогенетические типы берегов Абхазии и современные тенденции развития береговой зоны / В. Г. Ван [и др.] // Исследования молодых географов: Сборник статей участников зимних студенческих экспедиций / Под ред. М. С. Савоскул, Н. Л. Фроловой. Москва : Издатель Ерхова И. М., 2022. С. 33–45. EDN COJUTU.
5. *Петров В. А.* Волногасящие галечные пляжи. Москва : Экон-Информ, 2021. 295 с.
6. *Дбар Р. С., Жиба Р. Ю., Ивлиева О. Ю.* Искусственное регулирование приморской гидроэкологической системы полуострова Пицунда // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5, вып. 1. С. 206–216. EDN ZALZX.
7. *Тявлина Г. В., Тявлин Р. М.* Проблемы мониторинга опасных процессов территории Имеретинской низменности // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления») : материалы Международной научной конференции, Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 года. Ростов-на-Дону : Южный научный центр РАН, 2019. С. 300–302. EDN TTANDX.

8. Менишков В. Л., Пешков В. М. К вопросу о влиянии предустьевых каньонов р. Бзыби на бюджет береговых наносов // Береговая зона моря / Под ред. В. П. Зенковича, Е. И. Игнатова, С. А. Лукьяновой. Москва : Наука, 1981. С. 101–108.
9. Экба Я. А., Дбар Р. С. Особенности динамики береговых наносов Черноморского побережья Абхазии // Известия ЮФУ. Технические науки. 2009. № 6. С. 71–80. EDN KVBNFT.
10. Пешков В. М. Цикличность в динамике морских берегов // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2005. № 1. С. 111–122. EDN OXHKEV.
11. Балабанов И. П. Палеогеографические предпосылки формирования современных природных условий и долгосрочный прогноз развития голоценовых террас Черноморского побережья Кавказа. Москва ; Владивосток : Дальнаука, 2009. 350 с.
12. Балабанов И. П., Никифоров С. П. Гагрский залив: Рекреационный потенциал природно-геологических условий прибрежно-морской зоны. Москва : Авторская книга, 2016. 288 с.

Поступила 29.07.2023 г.; одобрена после рецензирования 30.09.2023 г.; принята к публикации 27.12.2023 г.; опубликована 25.03.2024 г.

Об авторах

Тлявлиная Галина Вячеславовна, заведующий лабораторией моделирования, расчетов и нормирования в гидротехническом строительстве, ОП АО ЦНИИТС «НИЦ «Морские берега» (354002, Россия, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, д. 1), кандидат технических наук, **ORCID ID: 0000-0003-4083-9014**, **Author ID: 604630**, **SPIN-код: 5516-9241**, TlyavlinaGV@Tsnii.com

Петров Виктор Алексеевич, старший научный сотрудник, ОП АО ЦНИИТС «НИЦ «Морские берега» (354002, Россия, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, д. 1), кандидат географических наук, **Author ID 71251**, **SPIN-код: 9421-9889**, **Scopus ID: 7402842652**, demmi8@mail.ru

Тлявлин Роман Маратович, заместитель генерального директора АО ЦНИИТС, руководитель ОП АО ЦНИИТС «НИЦ «Морские берега» (354002, Россия, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, д. 1), кандидат технических наук, **ORCID ID: 0000-0002-8648-0492**, **SPIN-код: 3365-3637**, TlyavlinRM@Tsnii.com

Заявленный вклад авторов:

Тлявлиная Галина Вячеславовна – научное руководство работой, формулировка и постановка задач, разработка методик исследований, качественный и количественный анализ результатов исследования

Петров Виктор Алексеевич – обзор литературы по проблеме исследования, натурное обследование участка, обработка и описание результатов исследования, формулирование выводов

Тлявлин Роман Маратович – разработка концепции исследования, обработка и описание результатов исследования

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.