

*“Ключ к пониманию динамики берега
лежит на морском дне”
В.П. Зенкович, 1939 г.*

ЗАПАСЫ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ ПЕСКА НА МОРСКОМ ПОДВОДНОМ БЕРЕГОВОМ СКЛОНЕ АНАПСКОЙ ПЕРЕСЫПИ

© 2023 г. Н. Н. Дунаев¹, *, Е. А. Бирюков², П. А. Маев²,
Р. Д. Косьян¹, В. В. Крыленко¹

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

²ООО “СПЛИТ”, Москва, Россия

*e-mail: dunaev@ocean.ru

Поступила в редакцию 06.06.2022 г.

После доработки 20.06.2022 г.

Принята к публикации 16.08.2022 г.

Анапская песчаная пересыпь и пограничные с ней территории занимают одно из ведущих мест в России в качестве рекреационной санаторно-курортной зоны, морского туризма и детского отдыха, роль которой как курорта федерального значения в настоящее время существенно возросла. К сожалению, в последние десятилетия на морском берегу пересыпи наблюдаются участки с прогрессирующим размывом. Для обоснования прогноза дальнейшего развития берега и выбора способов его стабилизации выполнен ряд исследований, в числе которых — определение запасов песка, из которого сложена пересыпь, предложен ряд мероприятий по их сохранению и рассмотрены потенциальные возможности пополнения. В представленной работе приведены результаты геофизических исследований на морском подводном береговом склоне пересыпи, впервые выполненных с целью оценки объема и распределения в пределах береговой зоны песчаных наносов волнового поля как возможного источника формирования пляжей и соответственно увеличения объема песка пересыпи в целом.

Ключевые слова: береговая зона, песчаные наносы, сейсмоакустика, литодинамика, уровень моря

DOI: 10.31857/S003015742302003X, **EDN:** NUGGTE

ВВЕДЕНИЕ

Анапская пересыпь представляет собой крупную аккумулятивную песчаную форму, являющуюся частью берегового обрамления северо-восточного района Черного моря (рис. 1). Она простирается в СЗ направлении на протяжении около 47 км при ширине от 1.5 км в южной части до 80 м в северной, прослеживаясь от Анапского мыса Гайдуковской антиклинали Новороссийско-Анапского брахиморфного антиклинорного поднятия Северо-Западного Кавказа до Поливадинского валообразного поднятия Кизилташской антиклинальной зоны. Географически это место соответствует мористому мысу полуострова, разделяющего лиманы Цокур и Кизилташский (рис. 1б). Применительно к общей новейшей геотектонической обстановке Северо-Восточного Причерноморья, соответствующей постсарматской эпо-

хе миоцена (N_1^{3-1} s), пересыпь в основном находится в пределах Крымско-Кавказского прогиба, осложняющего юго-восточное крыло эпиолигоценевого Западно-Кубанского прогиба (рис. 2). Лишь небольшая ее часть на юго-восточном окончании примыкает к структурным формам Северо-Западного Кавказа.

Непосредственно на Анапской пересыпи и вблизи нее расположены около 200 крупных лечебно-оздоровительных учреждений, а также сотни частных гостиниц. На прилегающих территориях Таманского полуострова имеются источники целебных вод и грязей, при которых функционируют бальнеологические комплексы. В районе благоприятные условия для воздухоплавания, надводного и подводного туризма. При этом главным рекреационным ресурсом являются пляжи. Природные достоинства района предопределили под-



Рис. 1. Географическое местоположение Анапской пересыпи (а) и основные морфокомпоненты ее литодинамической системы (б). Стрелки – направления вдольбереговых потоков наносов.

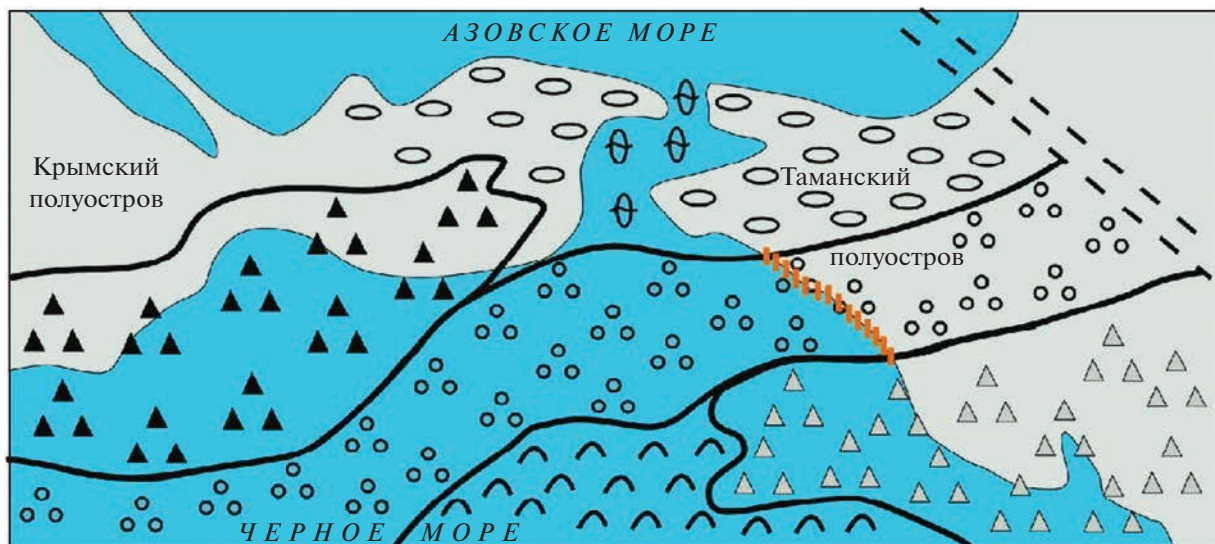


Рис. 2. Неотектоническая позиция расположения Анапской пересыпи [3].

готовку к реализации проекта туристического кластера международного уровня “Новая Анапа” площадью 800 га.

Одновременно с высокой социально-экономической значимостью геосистема Анапской пересыпи является ценнейшей природной территорией с уникальными биоценозами, ландшафтами и животным миром. С 2020 г. часть пересыпи общей площадью 32869.8 га включена в состав особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Краснодарского края РФ в категории “природный парк”.

Вместе с тем, состояние пересыпи и тенденции ее развития вызывают тревогу. В последние десятилетия на значительной протяженности морского берега наблюдается отступление береговой линии, величина которого за последние полвека составила в среднем 22.1 м, а на отдельных участках превысила 80 м [11]. Предполагается, что отступление берега обусловлено комплексом причин: дефицит наносов, изменения гидродинамического режима, неоднородность неотектонической структуры ложа пересыпи. Сложный режим короткопериодной (межсезонной и межгодовой) динамики разных участков береговой линии затрудняет выделение ведущего фактора. Тем не менее, очевидно, что поддержание относительной стабильности пересыпи во многом зависит от запасов образующего ее материала, в том числе — на морском подводном береговом склоне. В его пределах на основании проведенных геофизических исследований и литературных данных рассмотрено распределение по площади и определен объем литодинамически активных наносов волнового поля как зоны их природной мобилизации по направлению к берегу.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМОГО РАЙОНА

Вопросы происхождения, строения и современной литодинамики Анапской пересыпи рассматривались в многочисленных публикациях [1, 2, 5, 6, 9, 14 и др.]. Особенно большой вклад в ее изучение внесли ГУП “Кубаньгеология” и Лаборатория литодинамики и геологии ЮО ИО РАН. Тем не менее, многие аспекты природы и развития пересыпи остаются дискуссионными.

С мористой стороны эта аккумулятивная форма представлена терригенно-ракушечным песчаным пляжем шириной 10–30 м на северо-западном участке пересыпи до 50–100 м на юго-восточном. В сторону суши пляж сменяется авантюной и далее зоной песчаных гряд и отдельных дюн высотой до 6 м на Бугазской и Витязевской пересыпях и до 20 м на Анапской аккумулятивной террасе. Понижения между грядами дюн, вероятно, формировались в периоды замедления голоценовой

трансгрессии (основного фактора формирования пересыпи) на фоне слабого тектонического поднятия территории [4]. В результате эолового переевения дюн на поверхности межгрядовых понижений формируется своеобразный бугристый микрорельеф — кучугуры.

Пересыпь сложена преимущественно терригенным песком аркозового состава с преобладанием зерен разновидности кварца *цитрина*, придающего общей массе песка бежевый цвет, приобретающего на солнце золотистый оттенок (рис. 3). Основными источниками песка являются продукты абразии коренных берегов Таманского полуострова и аллювий реки Кубани на разных этапах ее развития. В составе отложений в незначительных количествах отмечаются частицы гранатов, кварцитов, полевого шпата и др. В зернах кварца часто встречаются, так называемые, минералы “узники”, т.е. включения, представленные турмалином и рутилом. Электромагнитная (слабомагнитная) фракция при содержании от 5 до 7% представлена гранатами, амфиболами, гематитом, ильменитом и хромитом. Магнитная и тяжелая фракции содержатся в ничтожно малых количествах и представлены, соответственно, магнетитом и цирконом [19]. Важной составляющей отложений Анапской пересыпи является биогенный материал, состоящий из целых и битых ракушек преимущественно двустворчатых моллюсков. Количество этого материала существенно различается в разных частях пересыпи, в среднем составляя 11%. На некоторых участках пляжа в приповерхностном (10 см) горизонте его содержание возрастает до 20% и более [8].

Размер песчаных частиц варьирует от грубого (2–1 мм) до мелкого (0.25–0.10 мм). Песок крупнее 0.4 мм состоит в основном из обломков раковин. На пляже и дюнах до 60% массы отложений представлено фракцией 0.16–0.315 мм. Частицы мельче 0.1 мм практически отсутствуют на сухопутной части пересыпи, но участвуют в формировании отложений подводного берегового склона (ПБС), в том числе подводных валов. Доля частиц размером менее 0.16 мм возрастает в сторону моря, более крупных — в сторону суши [10].

Анапская пересыпь — явление гетерогенное и разновозрастное. Ее развитие происходило на фоне морской трансгрессии второй половины голоценовой эпохи, о ходе и параметрах которой в Черном море до сих пор нет единого мнения. Анализ литературы позволяет принять концепцию, согласно которой формирование пересыпи началось мористее ее современного положения в джеметинское время голоцена (Q_{4dz}) около 5 тыс. л.н., когда в ходе послеледниковой гляциоэвстатической трансгрессии уровень Мирового океана и соответственно Черного моря, квазиасимптотически (с замедлениями и разной скоростью) по-



Рис. 3. Пески Анапской пересыпи [9].

вышаясь, приблизился к современной его отметке, возможно, не достигнув ее в пределах 1 м [6, 16, 18, 19 и др.]. Неравномерность повышения уровня моря связана, главным образом, с колебаниями климата в позднем неоплейстоцене и раннем голоцене, предопределившими неравномерное таяние ледников. На начальном этапе в результате вдольберегового и поперечного перемещения морских наносов из материала терригенного (преимущественно аллювия пра-Кубани) и частично морского биогенного происхождения (ракуша) формировались аккумулятивные формы в виде баров и кос. При благоприятных гидродинамических условиях происходило их продвижение в сторону суши и объединение. Позднее значительное количество материала стало поступать в результате абразии рыхлых коренных пород Благовещенского поднятия и мыса Железный Рог (рис. 1), большая часть которого перемещалась в юго-восточном направлении. Это ускорило объединение в одну литодинамическую систему отдельных подводных и надводных аккумулятивных форм на участке от мыса Железный Рог до Анапского мыса предположительно в период 4–3.5 тыс. л.н. [15].

В целом, оформление пересыпи в близкой к современной конфигурации состоялось в ходе *нимфейской* трансгрессии (последние 2.5 тыс. лет), на протяжении которых уровень моря оставался в относительно стабильном состоянии практически на современной отметке, подвергаясь лишь незначительным (в пределах первых десятков сантиметров) колебаниям погодно-синоптического характера и ритмам волновой активности. При этом конкретные районы пересыпи развивались и развиваются с определенной спецификой во времени и пространстве.

Подводный береговой склон Анапской пересыпи. Подводным береговым склоном (ПБС) обозначается прилегающая к урезу полоса морского дна,

сформированная при среднемноголетнем уровне современной акватории, на которой проявляется воздействие ветровых (гравитационных) морских волн.

ПБС Анапской пересыпи слабо вогнутый и в целом пологий, близкий к отмелому типу (уклоны 0.012–0.020). Генезис донных отложений и сформированный ими рельеф дна аккумулятивный. Приповерхностный горизонт отложений мощностью до нескольких метров сложен терригенным песком доминирующей крупностью 0.1–0.16 мм с примесью ракуши, в составе которой преобладают двустворчатые моллюски. По составу отложений сложно определить источник слагающего их материала. Можно предполагать, что его происхождение, как и на большей части пересыпи, преимущественно связано с размывом осадочных (аллювиальных) отложений и пород третичного возраста Таманского полуострова. Возможно, в общем объеме песка может присутствовать аллювиальная составляющая древней и современной Кубани. В южной части пересыпи не исключено присутствие материала абразии флишевой толщи верхнего мела, слагающей Анапский мыс и южнее расположенные берега. На участке, прилегающем к пос. Витязево, состав песка смешанный из этих генераций. Формирование данного горизонта, согласно [14], началось с позднекаламитско-джеметинского этапа развития Черноморского бассейна.

Материал, участвующий в образовании подводных и надводных аккумулятивных форм Анапской пересыпи, с размером частиц более 0.1 мм в разном количестве распространен на подводном склоне до глубины 7 м. В этой полосе происходят основные морфодинамические процессы в морской части береговой зоны — мобилизация, транспорт и аккумуляция наносов под действием поперечных и вдольбереговых тече-

ний. На большей глубине преобладают мелкие пески и алевриты. Частицы размером 0.1–0.063 мм аккумулируются преимущественно на глубинах более 7 м, а частицы мельче 0.063 мм полностью выносятся течениями, безвозвратно покидая литодинамическую систему пересыпи [10, 12].

Для современного рельефа ПБС характерно наличие нескольких (до 3-х) песчаных валов, в целом повторяющих очертания береговой линии [7, 9]. Во времени и пространстве взаимное местоположение, ориентация и поперечный профиль валов меняются, но общая конфигурация за последние 80 лет изменилась незначительно, сопоставимо с межгодовыми. Как правило, наиболее удаленный от берега вал располагается на глубинах не более 7 м. Валы характеризуются асимметричным строением: их мористый склон более пологий. При определенных гидродинамических условиях относительная высота валов может достигать 2 м. Первый от берега вал очень изменчив, часто не имеет гребня, местами прерывается или приключается к берегу; глубина над ним не более 1.0 м. Второй вал относительно узкий (до 40 м), удален от берега на 100–130 м, глубина над ним около 2 м. У этого вала ярче всего выражены относительное превышение и постоянство. Третий вал расположен в 250–350 м от берега, уплощенный и более широкий (до 150 м); глубина над ним увеличивается до 2.5–3 м. Песок валов преимущественно терригенный. Наряду с мелкой и тонкой составляющей представлен фракцией 0.16–0.25 мм (до 60%), а также до 10% – фракцией 0.6 мм [10, 12].

В районе Благовещенского останца (рис. 1Б), представляющего собой структурно-денудационную гряду, сложенную слабо консолидированными песками и песчано-глинистыми отложениями позднего плиоцена (пантикапейский горизонт верхнего киммерия), ПБС осложняется небольшими выступами горных пород из отвершков банки Мария-Магдалина. Ее центр расположен на удалении 2.5–3 км от берега, а граница по оконтуривающей изобате 10 м – на расстоянии около 1.5 км. Согласно [14], банка сложена глинами и мергелями мэотического яруса позднего миоцена и предполагается, что она, как и Благовещенский останец, имеет антиклинальное строение.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время нет нормативной оценки иерархической значимости природных процессов, определяющих состояние и перспективу развития морских береговых аккумулятивных форм, зарождающихся в пограничной зоне моря и суши. Процессы, происходящие в приурезовой части *низменных берегов*, как в районе Анапской пересыпи, во многом зависят от уклонов прилегаю-

щей суши, а также от уклонов подводного склона и субаэрального ложа голоценовых морских осадков, наличия материала, способного формировать береговые аккумулятивные формы. К наиболее важным факторам, определяющим природное состояние и развитие Анапской пересыпи, можно отнести кинематику уровня моря в голоценовую эпоху, геолого-геоморфологические и неотектонические условия района, особенности местной прибрежной гидродинамики, а также *наличие пляжеобразующего материала*, в том числе *на подводном береговом склоне*.

Предварительная оценка мощностей и особенностей распространения донных отложений в пределах подводного берегового склона Анапской пересыпи выполнена ООО “СПЛИТ” с применением непрерывного сейсмопрофилирования (НСП) параметрическим профилографом Innomar SES-2000 и многоэлектродным электроискровым излучателем типа “Спаркер” Split-MultiSeis Sparker 1-100. Разрешающая способность измерений комплексом Innomar >5 см находится в зависимости от записываемого диапазона, уровня шумов и частоты излучаемого сигнала, проникающего в грунт до 40 м. В результате тестирования на геологическом разрезе близ Благовещенского останца установлено, что наибольшая глубинность зондирования достигается на относительно низких частотах излучения, а при работе на 5 кГц соотношение сигнал/шум существенно увеличивается. Указанная частота и была выбрана рабочей для всего исследуемого полигона, а скорость судна, несущего оборудование, равной 4 узлам. Сигнал электроискрового излучателя “Спаркер” при энергии 300 Дж при интервале излучения 0.6 с проникал на глубину до 130 м с разрешающей способностью по геологическому разрезу не менее 65 см. Границы на временных разрезах проводились по высокоамплитудным отражениям и по смене волновой картины. Скорость продольной волны в донных отложениях принята равной 1.6 м/с по аналогии с измеренной непосредственно на пересыпи. Увязка поперечных профилей производилась продольными профилями на глубинах воды 5–6 и 8–10 м (рис. 4). Всего пройдено 142.5 км. Геофизическое оборудование устанавливалось на маломерном судне (катере) “Профессор Лонгинов” Южного отделения ИО РАН (рис. 5). Осадка судна 0.4 м позволяла начинать работы практически от уреза.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Интерпретация сейсмоакустических профилей выполнялась с привлечением геологических разрезов, полученных ранее с помощью вибропоршневого бурения [14]. В качестве примера рассмотрим профиль на северо-западном участке исследуемого района (рис. 6). По данным НСП

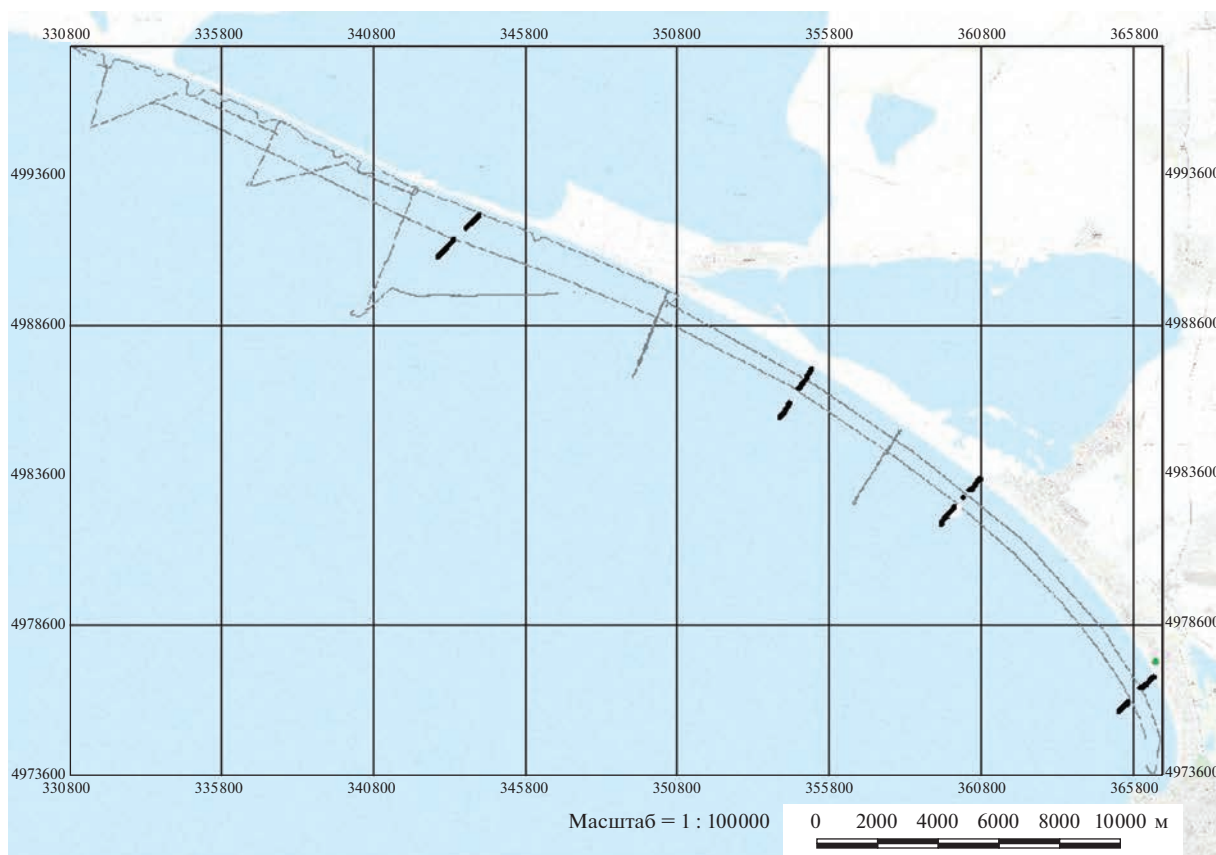


Рис. 4. Карта фактического материала ВЧ НСП (пунктиром помечены участки геологических разрезов по [14]).



Рис. 5. Маломерное судно «Профессор Лонгинов».

в верхней части разреза по амплитудному отражению можно выделить границу, которая интерпретируется как подошва песчаных отложений. Данная толща имеет небольшую (до первых метров) мощность, характеризуется акустически прозрачной волновой картиной и отсутствием каких-либо внутренних отражений. Ниже по разрезу залегает более мощная толща, для которой характерна слоистая волновая картина. Данный комплекс

предположительно соответствует лагунным отложениям и прослеживается только в северо-западном сегменте района работ. Следующая граница предположительно является кровлей глинистых отложений, которые являются газонасыщенными. Важно отметить, что газонасыщенность в пределах исследуемой зоны ПБС характерна только для северо-западного сегмента. Последовательность отложений разреза во многом согласуется

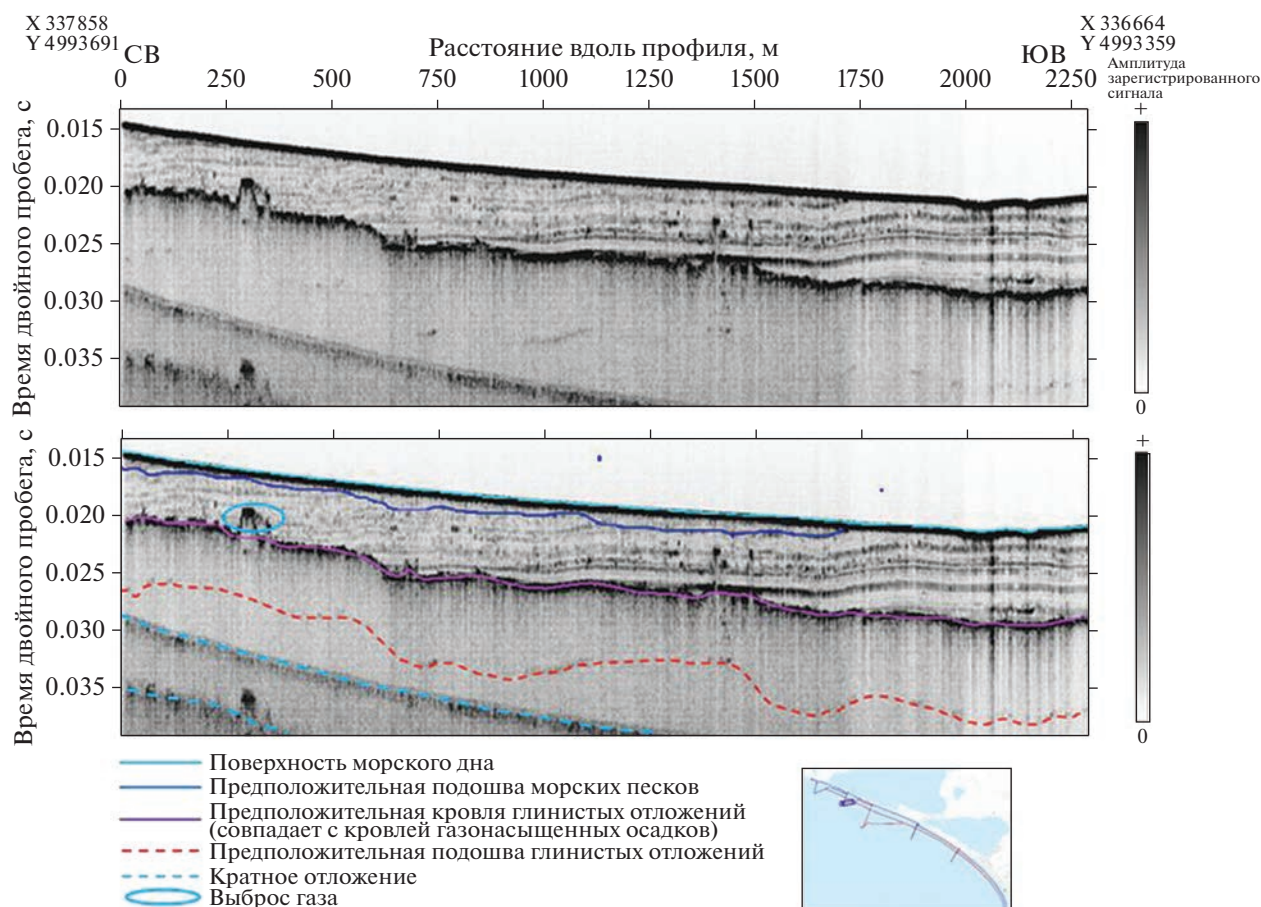


Рис. 6. Пример сейсмограммы ВЧ НСП (высокочастотное непрерывное сейсмоакустическое профилирование) – профилограф “Innomar”.

с данными бурения на пересыпи мористее Чембурского озера. Здесь пересыпь мощностью около 8 м залегает на включающих растительные остатки текучепластичных суглинках мощностью около 2 м, которые, по-видимому, отложились в условиях, характерных для отчлененных от моря лагун. Суглинки залегают частично на суб-аэральных глинах, частично на выклинивающихся в сторону суши морских песках мощностью 0–1.5 м, подстилаемых теми же глинами. Видимая мощность последних превышает 10 м. Также на некоторых разрезах по изменению на сейсмограммах характера осей синфазности можно выделить контакт коренных пород и вышележащих осадков, пликативные и дизъюнктивные тектонические дислокации (рис. 7). По результатам работ составлена карто-схема мощностей и особенностей распределения по площади верхнего горизонта отложений, представленного преимущественно мелкозернистым песком с примесью алеврита (рис. 8). Общий объем отложений невелик и ориентировочно составляет $104\,000\,000\text{ м}^3$, т.е. 0.104 км^3 . Из рисунка видно, что бóльшие мощности горизонта расположены в юго-восточном сегменте ПБС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования Анапской пересыпи с применением высокоточного геофизического оборудования позволили выявить структуру, сеймостратиграфию и другие особенности геологических осадков ее морской береговой зоны. Установлено, что мощность приповерхностного песчаного горизонта распределена вдоль берега неравномерно с общей тенденцией к уменьшению в сторону моря. Сопоставление сейсмоакустических профилей с выполненными ранее геологическими разрезами и повторными промерами [1, 7, 14] показало, что ПБС Анапской пересыпи находится в относительно равновесном состоянии.

Прогнозирование эволюции и развития морских береговых зон заключается в анализе имеющейся информации об их предшествующей эволюции, современной структуре и динамике, в предвидении тенденций (тренда) основных природных условий и факторов, влияющих на их формирование. Анапская пересыпь существовала в близком к современному виде на протяжении последних сотен и даже первых полутора–двух

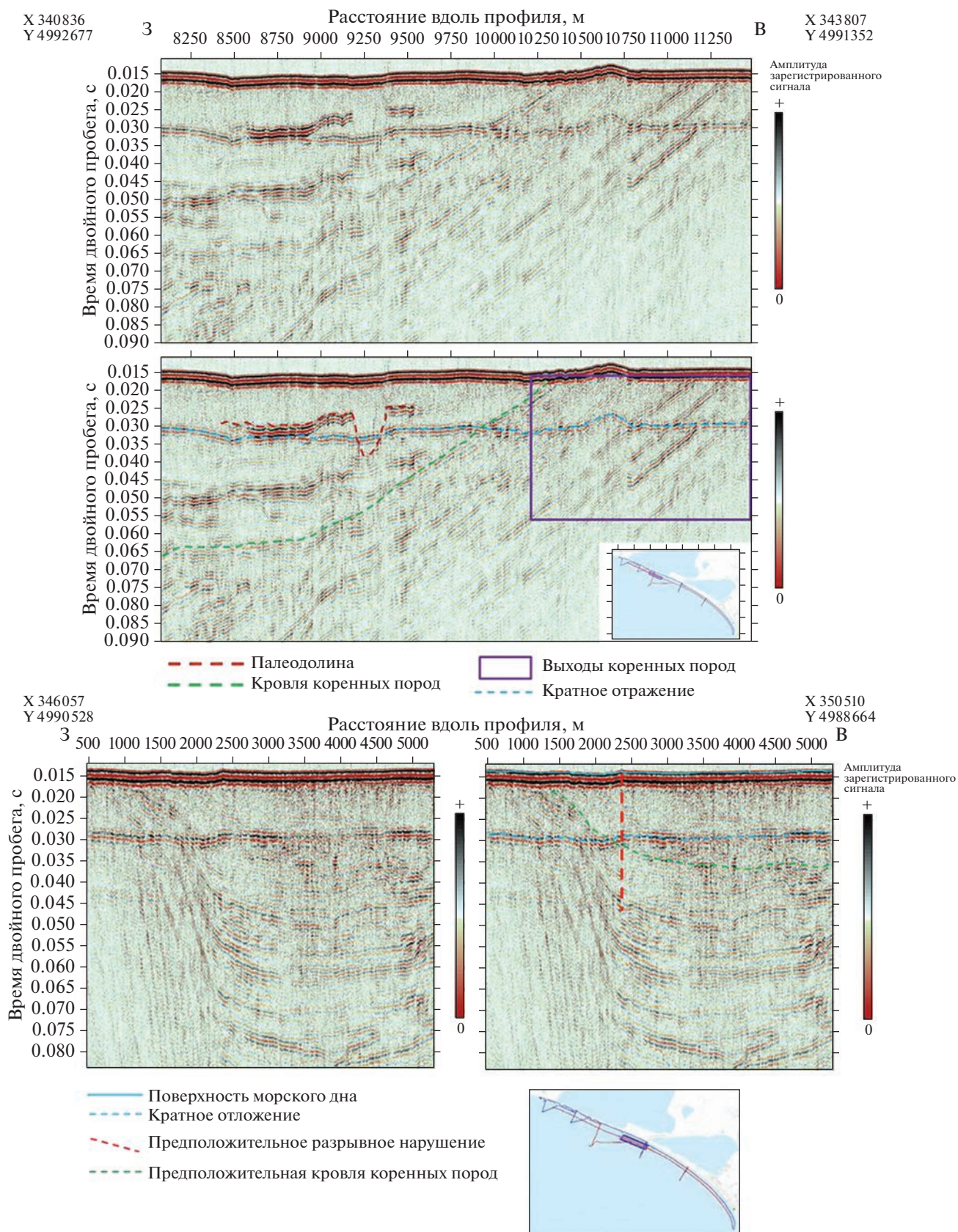


Рис. 7. Примеры сейсмограмм ССВР (сейсмозондирование сверхвысокого разрешения) – излучатель “Спаркер”.

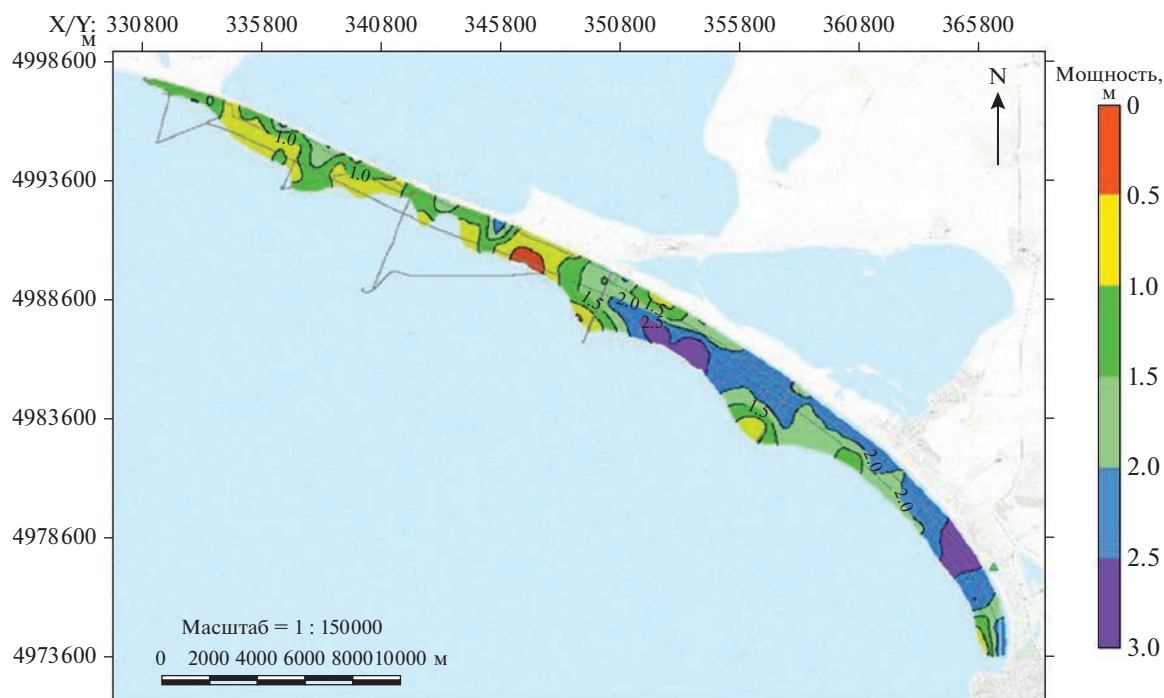


Рис. 8. Карто-схема распределения песчаных отложений на морском подводном береговом склоне Анапской пересыпи.

тысяч лет. Относительно небольшие горизонтальные смещения береговой линии были связаны с ритмами волновой активности и незначительными колебаниями уровня моря, происходившими в результате региональных изменений объемов поверхностного стока в его бассейн.

Применительно к рассматриваемому району нет оснований считать, что на инженерном масштабе времени (минимум 50 лет) природная обстановка изменится настолько, чтобы сколько-либо заметно повлиять на состояние литодинамической системы Анапской пересыпи. Согласно сценарному подходу прогнозирования ее эволюция не произойдет, а главным фактором продолжающегося развития в этом периоде будет климат с производными от него кинематикой уровня моря и параметрами волнового воздействия. При похолодании возможно незначительное общее выдвигание береговой линии в сторону морской акватории и лиманов, а при сохранении тенденции современного потепления и увеличения дефицита береговых наносов — ее отступление на относительно небольшое расстояние без нарушения принципиальной конструкции и литодинамической системы этой аккумулятивной формы. При любом из сценариев мы не ожидаем развития природных процессов, способных за это время нанести ей непоправимый ущерб. Тем не менее, при планировании хозяйственной деятельности на пляжах необходимо учитывать, что наиболее важные их аспекты — ширина и состояние — будут претерпевать некоторую модифика-

цию в силу природной высокой изменчивости и мобильности песчаного берега, когда неизбежны его кратковременные размывы на локальных участках с периодом от нескольких месяцев до нескольких лет. Перспективным методом оценки устойчивости пляжей является критерий (индекс) опасности штормовых размывов берега [13].

В долгосрочной перспективе в развитии Анапской пересыпи ведущая роль будет принадлежать кинематике уровня моря и новейшей тектонике района ее расположения. Следует также учесть, что нарастающий дефицит пляжеобразующих наносов в определенных условиях может вызвать необратимую трансформацию отдельных участков пересыпи. Поэтому уже сейчас необходимо расширить мероприятия по сохранению пляжей и пополнению их песком. Характер материала ПБС и его запасы на глубинах более 7 м не окажут сколько-либо значимую помощь в пополнении пляжа и в целом пересыпи даже при вовлечении *деятельного слоя* наносов в штормовые периоды. Более перспективными для поддержания относительной стабилизации пересыпи представляются наносы волнового поля до изобаты 6 м, особенно накопленные в виде подводных валов. Однако возможность и рациональность их искусственной мобилизации требует специального рассмотрения.

Источники финансирования. Работа выполнена в соответствии с темой Госзадания FMWE-2021-0004 и при поддержке РФФИ (грант “Куба_т” № 18-55-34002).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Айбулатов Н.А., Говберг Л.И., Новикова З.Т., Юревич М.Г. Геоморфологические и литологические особенности строения шельфа северо-восточной части Черного в связи с исследованием процессов современного осадконакопления // *Континентальные и островные шельфы. Рельеф и осадки*. М.: Наука, 1981. С. 109–139.
2. Айбулатов Н.А., Кузнецов В.Г., Смирнов Т.Ф., Студзинский Е.П. Новые данные о строении и происхождении Анапской пересыпи // *Географические и экономические проблемы изучения и освоения южных морей СССР. Тез. докл. III Всесоюз. конф. по географии и картогр. океана. Ростов н/Д, 1987*. С. 94.
3. Дунаев Н.Н., Политова Н.В., Репкина Т.Ю. и др. Защитим морские берега // *Вестник РФФИ*. 2021. № 3 (111). С. 40–45.
4. Дунаев Н.Н. Роль новейшей тектоники в динамике аккумулятивных берегов бесприливных морей // *Процессы в геосредах*. 2015. № 3. С. 13–20.
5. Измайлов Я.А. Эволюционная география побережий Азовского и Черного морей. Анапская пересыпь. Сочи: Лазаревская полиграфия, 2005. 175 с.
6. Каплин П.А., Поротов А.В. Изменения климата в позднем голоцене и развитие берегов Черного моря // *Геоморфология*. 2012. № 4. С. 64–72.
7. Косьян Р.Д., Федорова Е.А. Деформации подводного берегового склона Анапской пересыпи с 2012 по 2018 гг. // *Океанология*. 2019. Т. 59. № 5. С. 844–851.
8. Косьян Р.Д., Косьян А.Р., Крыленко В.В., Федорова Е.А. Состав и распределение осадков Анапской пересыпи // *Океанология*. 2020. Т. 60. № 2. С. 302–314.
9. Косьян Р.Д., Крыленко В.В., Крыленко М.В. Геосистема Анапской пересыпи. М.: Научный мир, 2021. 264 с.
10. Крыленко В.В., Косьян Р.Д., Кочергин А.Д. Закономерности формирования гранулометрического состава донных и пляжевых отложений Анапской пересыпи // *Океанология*. 2011. Т. 51. № 6. С. 1123–1134.
11. Крыленко В.В. Динамика морского берега Анапской пересыпи // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 5. С. 821–821.
12. Крыленко В.В., Кочергин А.Д., Крыленко М.В. Новые данные о гранулометрическом составе отложений Анапской пересыпи // *Океанология*. 2016. Т. 56. № 1. С. 154–158.
13. Леонтьев И.О. Оценка опасности штормовых размывов песчаного берега // *Океанология*. 2021. Т. 61. № 2. С. 286–294.
14. Невеский Е.Н. Процессы осадкообразования в прибрежной зоне моря. М.: Наука, 1967. 254 с.
15. Сударев Н.И., Поротов А.В., Гарбузов Г.П. Путь из Синдики в Синдику: значение Анапской пересыпи в истории региона // *Материалы XIX конф. Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья “Торговля: пути–товары–отношения”*. Керчь, 22–26 мая 2018 г. С. 485–493.
16. Domack E., Duran D., Leventer A. et al. Stability of the Larsen B ice shelf on the Antarctic Peninsula during the Holocene epoch // *Nature*, 436, 2005: 681–685.
17. Nevesky E.N. Holocene history of the coastal shelf zone of the USSR in relation with processes of sedimentation of useful minerals // *Quaternaria*. 1970. V. 12. P. 78–76.
18. Peltier W.R., Fairbanks R.G. Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record // *Quaternary Science Reviews*. 2006. V. 25. P. 3322–3337.
19. https://www.zinref.ru/000_uchebniki/02800_logika/011_lekcii_raznie_29/205.htm (интернет-ресурс, посещение 10.02.2022).

Reserves and Distribution of Sand Capacities on the Marine Underwater Coastal Slope of the Anapa Bay-Bar

N. N. Dunaev^{a, #}, E. A. Biryukov^b, P. A. Maev^b, **R. D. Kosyan^a**, V. V. Krylenko^a

^a*Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia*

^b*ООО “SPLIT”, Moscow, Russia*

[#]*e-mail: dunaev@ocean.ru*

The Anapa sandy bay-bar and the territories bordering it occupy one of the leading places in Russia as a recreational sanatorium-resort area, sea tourism and children's recreation, the role of which as a resort of federal significance has now significantly increased. Unfortunately, in recent decades, areas with progressive erosion have been observed on the seashore of this bay-bar. To substantiate the forecast of further development of the coast and the choice of ways to stabilize it, a number of studies have been carried out, including the determination of sand reserves from which the bay-bar is composed, a number of measures for their conservation have been proposed and potential replenishment opportunities have been considered. The presented work considered and analyzed the results of geophysical studies on the marine underwater coastal slope of the Anapa bay-bar, first performed to assess the volume and distribution of wave field sand deposits within the coastal zone as a possible source of beach formation and, accordingly, an increase in the volume of sand in the bay-bar as a whole.

Keywords: coastal zone, sand deposits, seismoacoustics, lithodynamics, sea level