

УДК 551.435.326, 551.435.34, 551.435.322

## ДИНАМИКА МОРСКОГО БЕРЕГА АНАПСКОЙ ПЕРЕСЫПИ

© 2015 г. В. В. Крыленко

Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Геленджик

e-mail: krylenko.slava@gmail.com

Поступила в редакцию 09.03.2015 г., после доработки 31.03.2015 г.

В работе представлены методика и результаты изучения динамики береговой линии Анапской пересыпи на основе анализа архивных и современных материалов спутниковой съемки и аэрофотосъемки. Выявлено, что вдоль морского берега Анапской пересыпи имеются несколько участков размыва (отступление уреза превышает 70 м за 50 лет) и относительно стабильный участок в центральной части пересыпи. Кроме того, проведенный анализ короткопериодной динамики положения уреза показал, что величина кратковременного (до следующего шторма) смещения уреза в ту или иную сторону относительно среднего положения достигает 30 м. Полученные данные уточнили и детализировали динамику береговой линии Анапской пересыпи, что важно для понимания литодинамических процессов в береговой зоне и для разработки прогноза дальнейшего развития геосистемы пересыпи.

DOI: 10.7868/S0030157415050081

### ВВЕДЕНИЕ

Анапская пересыпь — это аккумулятивное тело (сложенное преимущественно кварцевым песком с примесью ракуши и ракушечного детрита) протяженностью около 47 км, расположенное в северо-западной части кавказского побережья Черного моря (рис. 1). Анапская пересыпь является полигенетической аккумулятивной береговой формой и сочетает в своем развитии поперечное и продольное перемещение наносов [1, 3, 6, 13].

Ширина пересыпи от 80 м в северной части до 1.5 км в южной. Несмотря на интенсивное хозяйственное (рекреационное) использование [5], в отличие от большинства подобных аккумулятивных форм неприливных морей (черноморского и балтийского региона), литодинамическая система Анапской пересыпи не подверглась существенно техногенному преобразованию и представляет интерес с точки зрения изучения природных процессов и закономерностей. Различные аспекты происхождения и эволюции Анапской пересыпи рассматривались многими исследователями [1, 3, 11]. В этих и других работах отмечалось отступление морского берега пересыпи в течение последних десятилетий, однако, точных данных по величинам размыва и его скорости не было. Поскольку для разработки планов по хозяйственному использованию и охране пересыпи [5] необходимы значительно более точные сведения по ее динамике и устойчивости, актуально проведение новых исследований. Изучению разнопериодной динамики уреза и тенденций ее изменения с помощью современных методов исследования посвящена настоящая статья.

### АНАЛИЗ МЕТОДИКИ И ДАННЫХ ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения динамики береговой линии Анапской пересыпи в 1984 г. Северо-Кавказским Геоэкологическим центром [2] была заложена реперная сеть. Анализ годичных промерных данных показал, что на любом участке могут наблюдаться большие изменения ширины пляжа — амплитуды колебаний ширины пляжа в течение года составляют  $\pm 20$  м. Кроме того, отмечен синусоидальный характер колебания планового положения уреза вдоль протяженности берега. “Длина волны” составляет примерно 2.0–2.5 км, эти “волны” смещаются по направлению транзита береговых наносов.

Позднее была проведена работа по определению долговременных изменений береговой линии с использованием материалов аэрофотосъемки 1948, 1972, 1992 и 2000 гг. [4]. На снимках по опорным створам ручным способом производилось измерение параметров основных морфологических элементов пересыпи. Анализируя полученные данные, авторы [4] исследования отметили преобладание размыва над аккумуляцией по протяженности берега (рис. 2). Также было отмечено, что в период 1992–2000 гг. на северной части пересыпи наблюдалась стабилизация или даже наращивание ширины пляжа. Анализируя приведенные в работе [4] величины, следует отметить невысокую точность и достоверность приведенных данных. Частично это следствие недостаточности исходных материалов (данные некоторых съемок не покрывали всю протяженность пересыпи), частично — следствие несовершенства методов дешифрирования снимков и получения количественных характеристик. Основ-

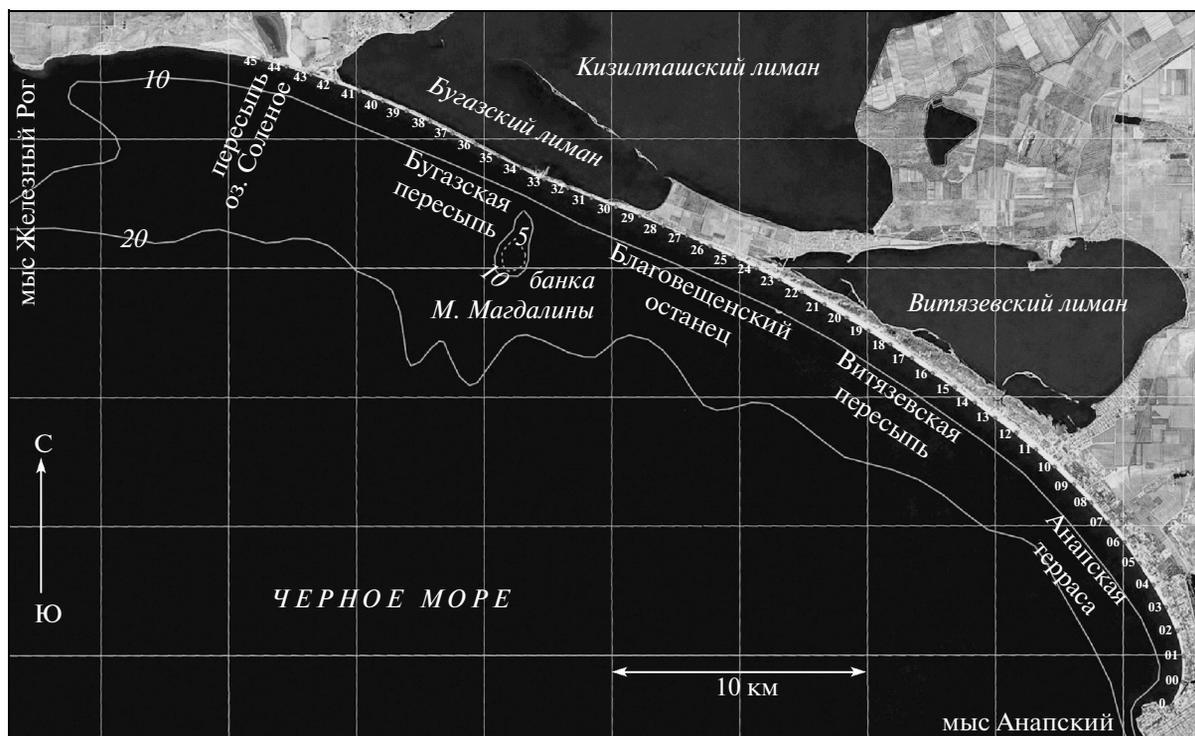


Рис. 1. Схема Анапской пересыпи и местоположение опорных профилей.

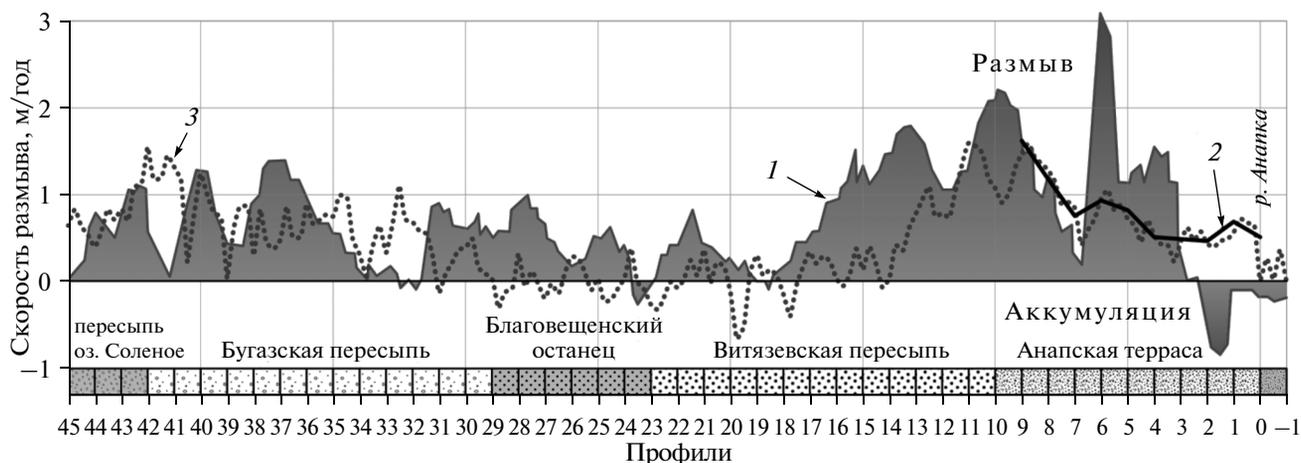


Рис. 2. Скорости размыва морского берега Анапской пересыпи: 1 (с заливкой) — по данным [4] (съемки 1948, 1972, 1992 и 2000 гг.); 2 — по данным [9] (съемки 1966 и 2011 гг.); 3 — новые данные.

ными недостатками данного исследования были отсутствие “привязки” к географическим координатам, сложность визуального определения на снимках границ морфологических элементов пересыпи, малое количество промерных створов.

После появления в сети Интернет материалов дистанционного зондирования, ранее недоступных для научных исследований, и развития технологий обработки подобных данных, появилась возможность уточнить и детализировать ход динамики морского берега пересыпи. В работе [8]

было впервые проведено исследование долгопериодной динамики берега Анапской пересыпи на основе анализа аэрофотосъемки периода Второй Мировой войны. Позднее, с использованием этой же съемки и космических снимков CORONA за 12 августа 1966 г. и GeoEye за 3 августа 2011 г., Н.В. Лаврентьевым [10] были измерены величины смещения морского берега с шагом 1 км. Обработка снимков велась с использованием современного программного обеспечения, материалы собраны в ГИС с использованием технологии

Scanex WEB GeoMixer [10]. Полученные в работах [8, 10] данные значительно (рис. 2) различались с величинами, приведенными в [4], но позволили оценить динамику берега лишь для короткого южного участка пересыпи длиной около 10 км.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения динамики берега Анапской пересыпи в настоящей работе использованы материалы аэрофотосъемки 1941 г. (выполненной германскими ВВС в период Великой Отечественной войны [15]), космические снимки 1960-х годов (выполненные по программе CORONA [14]), и космические снимки с пространственным разрешением от 0.5 до 2.0 м на период с 2003 г. по настоящее время.

Появление и развитие в последнее десятилетие большого количества общедоступных картографических сервисов (Google Earth, Yandex Maps, Nokia, Bing Maps, maps.Kosmosnimki.ru и др.) позволило использовать в научных исследованиях большой массив космических снимков. Особенно удобен в этом отношении сервис Google Earth, позволяющий работать с разновременными космическими снимками. Наличие серий снимков с разницей между съемками от нескольких недель до нескольких месяцев позволило существенно изменить представления о скоростях и механизме изменения положения уреза.

Поскольку для большей части использованных снимков методика и качество плановой «привязки» неизвестны, проведена геометрическая коррекция снимков. В качестве базового снимка, к которому производилась привязка, была взята мозаика аэрофотопланов от 21 ноября 2013 г. с пространственным разрешением 10 см, положенных на высокоточную цифровую модель рельефа (ЦМР), выполненную по данным воздушного лазерного сканирования (ВЛС). Основной сложностью привязки было малое количество визуально определяемых контрольных точек, имеющих одновременно на исторических и современных снимках. Тем не менее, удалось до минимума свести плановые искажения используемых снимков для всей прибрежной полосы пересыпи.

После окончательной привязки снимков было произведено снятие количественной информации по динамике уреза. С 2010 г. сотрудниками Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН проводятся комплексные исследования Анапской пересыпи [7, 8, 12]. Для систематизации и пространственной привязки получаемых данных, в этих работах используются «виртуальные» (поскольку на пересыпи нет жестко закрепленных на местности ориентиров) опорные точки, расположенные вблизи среднего положения уреза через 1 км друг от друга (рис. 1). Через эти точки проходят попе-

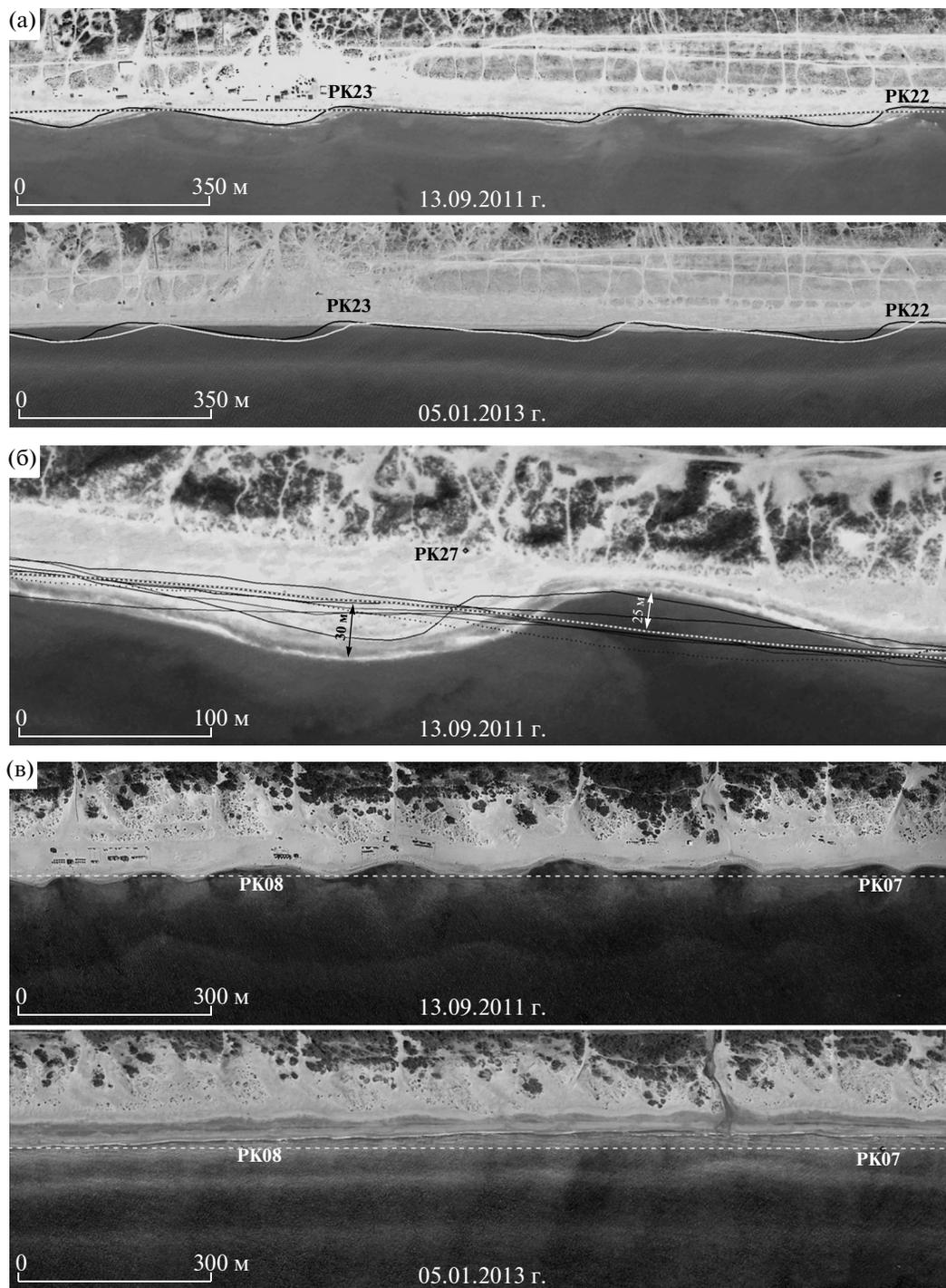
речные береговой линии опорные профили, по которым проводятся различные исследования. Для изучения динамики уреза потребовалось создать базис, относительно которого можно будет измерять расстояние до уреза. В качестве базиса была использована виртуальная базовая полилиния, в плане повторяющая очертания пересыпи. Измерение расстояния от базовой линии до уреза производилось по нормали, проводимой через стандартную опорную точку (через 1 км), и дополнительные точки, установленные с шагом 0.25 км.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОРОТКОПЕРИОДНОЙ ДИНАМИКИ ЛИНИИ УРЕЗА

Анализ данных дистанционного зондирования и натурные наблюдения показывают, что, в зависимости от текущей и предшествовавшей гидродинамической ситуации, конфигурация береговой линии на одном и том же участке пересыпи может изменяться от практически прямолинейной до синусоидальной. В результате разовые измерения на определенных профилях могут давать весьма значительные отклонения от среднего положения. Поэтому, прежде чем анализировать новые данные по многолетней динамике берега, необходимо было оценить имеющуюся информацию по короткопериодной динамике уреза. Для этого были использованы снимки периода 2011–2015 гг., временной промежуток между которыми составлял от нескольких дней до года.

На многих снимках отмечается чередование участков локального размыва или аккумуляции (рис. 3), формирование которых связано с вдольбереговым движением наносов и динамикой прибрежного подводного вала. Возникает подобная конфигурация далеко не при каждом шторме, возможно (эта тема требует дальнейшего изучения), для ее формирования необходима значительная вдольбереговая составляющая волнового воздействия.

На северной и центральной частях пересыпи, севернее профиля 14, длина «волны» размыва-аккумуляции составляет 350–500 м. На смежных участках размыва-аккумуляции отклонение линии уреза от «среднего» положения достигает 20–30 м (рис. 3(б)). Образовавшиеся во время шторма выступы, как правило, в плане имеют несимметричную (каплевидную) форму, с более крутым изгибом берега в подветренной стороне. Как правило, выступу берега тут соответствует приращение к берегу прибрежного подводного вала, участку размыва – отдаление вала от берега. Выступы постепенно сглаживаются, происходит выравнивание береговой линии. При наблюдении процесса выравнивания, может сложиться впечатление «продвижения» выступов берега в направлении преобладающего потока наносов. Тем не менее, на рис. 3а видно, что «наветренный» край высту-



**Рис. 3.** Короткопериодная изменчивость конфигурации береговой линии пересыпи: (а) – в районе профилей 22–23 (линиями обозначены положения уреза: черная – 12.08.2011 г., белая – 13.09.2011 г., пунктирная – 05.01.2013 г.); (б) – в районе профиля 27 (по данным различных съемок периода 2007–2014 гг., белой пунктирной линией отмечено положение уреза 05.01.2013 г.); (в) – в районе профилей 07–08 (штриховая линия нанесена для удобства восприятия).

па практически не изменяет своего положения, при этом “подветренный” край продвигается вдоль берега на десятки метров, постепенно заполняя образовавшуюся микробухту размыва. Общая скорость выравнивания береговой линии существенно зависит от текущей гидродинамиче-

ской ситуации, весь процесс занимает период от нескольких месяцев до года. В таблице приведено расстояние от уреза до базовой линии, осредненное по участкам между некоторыми профилями (в том числе – для участка, представленного на рис. 3(а)). Видно, что по мере выравнивания

Среднее расстояние от уреза до базовой линии (м)

Шаг осреднения, м	Участок осреднения (профили = км)	12.08.2011	13.09.2011	17.12.2012
250	22–24	192.3	194.2	196.9
100	22–24	196.0	196.6	197.4
250	20–30	162.3	163.1	166.3

линии уреза берег постепенно “выдвигается” в сторону моря. В период максимального выравнивания береговой линии вся система подводных валов приобретает параллельное урезу положение; изгибы, разрывы валов и перемычки между соседними валами практически отсутствуют.

Южнее 14 профиля также наблюдается формирование участков размыва–аккумуляции, но здесь их контуры имеют близкую к симметричной форму (рис. 3в), а длина “волны” редко превышает 250 м. Как и на северной части пересыпи, выступу берега обычно соответствует причленение подводного вала, но участку размыва может соответствовать не изгиб, а разрыв прибрежного подводного вала. Возможно, на этой части пересыпи большую роль в формировании конфигурации уреза играют разрывные течения.

Миграция линии уреза может наблюдаться и без формирования участков размыва–аккумуляции. Смещение уреза в ту или иную сторону на большой протяженности берега происходит при колебании уровня моря и связано с особенностями поперечного профиля прибрежного подводного склона и пляжа. Согласно данным режимных наблюдений уровня моря на ГМС Анапа за период 1977–2006 гг. (приведенным в [9]), размах внутригодовых сезонных колебаний уровня обычно не превышает 0.2 м, размах межгодовых колебаний достигает 0.4 м. На фоне сезонных и межгодовых колебаний уровня проявляются непериодические (связанные с нагонно-сгонными явлениями), размах которых может достигать  $\pm 0.4$  м. Натурные измерения показали, что на южной части пересыпи разница абсолютных высот гребня прибрежного подводного вала и приурезовой части пляжа часто не превышает 0.5 м. Соответственно, при понижении уровня моря более чем на 0.2 м осушается поверхность гребня прибрежного подводного вала (на снимках наблюдается смещение уреза в сторону моря), при повышении уровня более чем на 0.2 м происходит затопление пологого пляжа (что на снимках определяется как смещение уреза в сторону суши). Реального же размыва или аккумуляции при этом не происходит.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОПЕРИОДНОЙ ДИНАМИКИ ЛИНИИ УРЕЗА

Исследование многолетней динамики морской береговой линии Анапской пересыпи бази-

ровалось на сопоставлении аэрофотоснимка 17 ноября 1941 г., серии космических снимков 1964–1966 гг., аэрофотоплана 21 ноября 2013 г., и серии космических снимков периода 2011–2015 гг. Оцениваемая точность плановой привязки находится в пределах 5 м для современных снимков (позднее 2003 г.), и в пределах 10 м для снимков 1941 г. и 1964–1966 гг.

Использование аэрофотоснимка 1941 г. (покрывающего лишь 6 км южного края пересыпи), не позволяет оценить динамику берега всей Анапской пересыпи с того времени, но дает важную информацию о возможном изменении темпов динамики берега. На рис. 4 видно, что за период 1941–1966 гг. размыв отмечался не по всему участку, и в среднем не превышал 15 м, а за период 1941–2013 гг. размыв отмечается на всей протяженности участка, его средняя величина превысила 37 м. Высокие значения аккумуляции к югу от современного устья р. Анапка в период 1941–1966 гг., вероятно, объясняются техногенным переносом устья к северу в начале 1960-х годов. В период 1966–2013 гг. на этом участке наблюдался небольшой размыв, несмотря на искусственные отсыпки привозного песка.

Аналогичное сопоставление данных по разовым съемкам 21 августа 1966 г. и 21 ноября 2013 г. показало, что на большей части пересыпи преобладал размыв (на отдельных участках более 70 м), но отмечалась и аккумуляция (более 20 м). Среднее по всему участку смещение линии уреза за 47 лет составило 23.3 м (в сторону берега). Для уточнения результатов было проведено осреднение данных по положению уреза в 1964–1966 гг. (3 съемки) и 2012–2015 гг. (7 съемок). Среднее по всей пересыпи смещение линии уреза за период около 50 лет составило 22.1 м (в сторону берега), а величина максимального размыва превысила 80 м (рис. 5). Эта величина явно выходит за пределы возможных погрешностей, поэтому можно говорить об отступании морского берега Анапской пересыпи.

Как видно из приведенных выше данных, для анализа долгопериодных изменений положения уреза необходимо учитывать конфигурацию береговой линии в момент каждой из съемок. Сопоставление снимков 23 июля 1965 г. и 21 августа 1966 г. показало, что на отдельных профилях изменение положения уреза превышало 20 м в ту или иную сторону. При этом среднее по всему участку смещение линии уреза за 13 месяцев составило всего 0.8 м (в сторону размыва), то есть

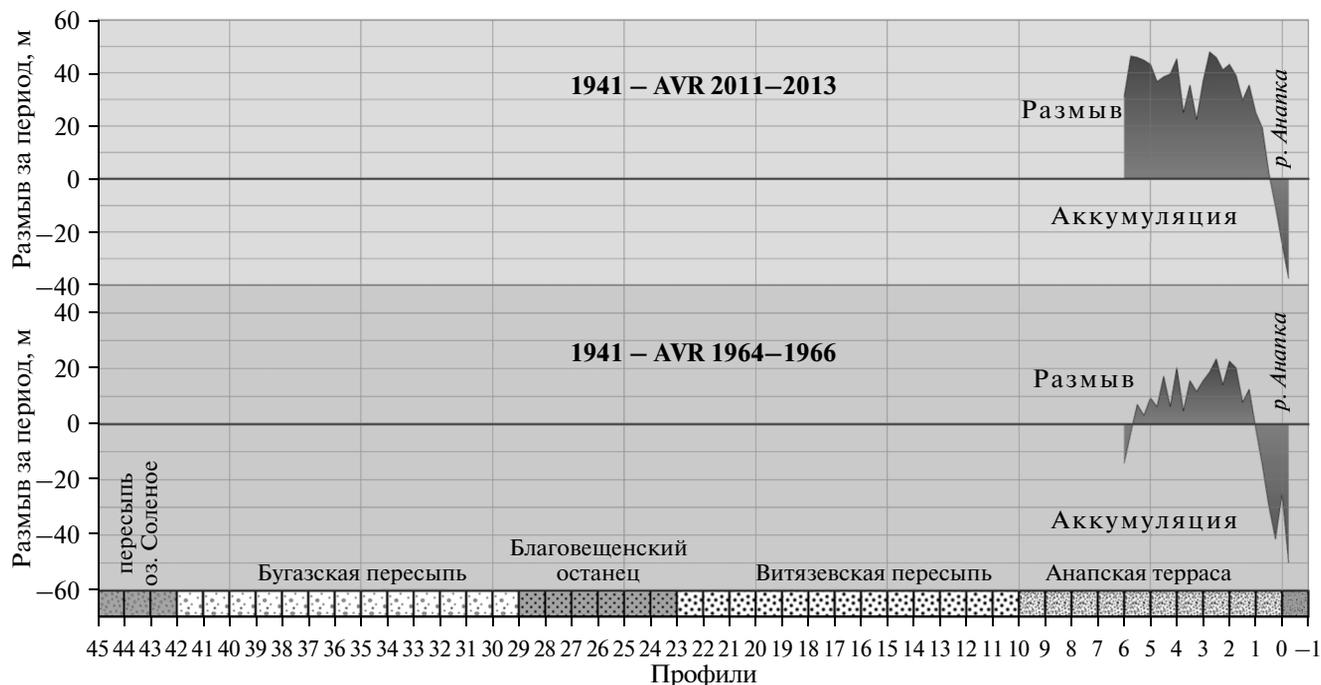


Рис. 4. Динамика берега Анапской пересыпи за период более 70 лет (по данным съемок 1941 [14], 1964-1966 [13], 2011–2013 гг.).

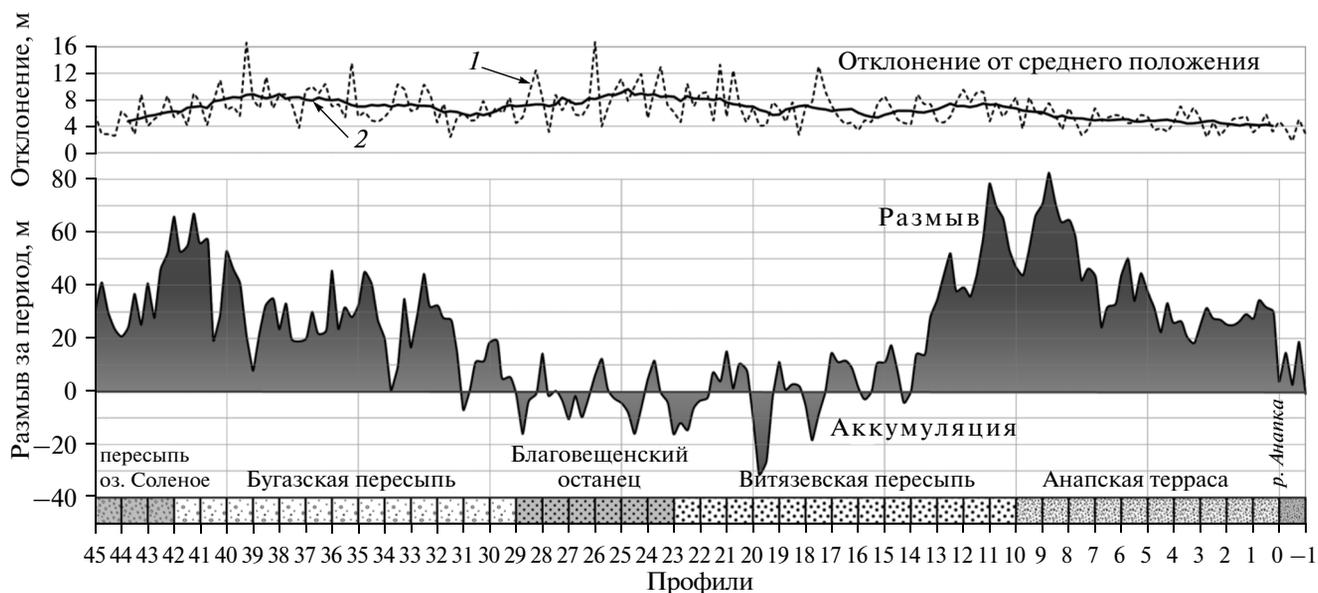


Рис. 5. Динамика берега Анапской пересыпи за период около 50 лет (по данным съемок 1964–1966, 2012–2015 гг.), и величина отклонения линии уреза от ее среднего положения за период 2011–2015 гг. (цифрами обозначены: 1 – абсолютная величина отклонения, 2 – осредненная величина отклонения).

находится в пределах погрешности измерений. Подобные величины изменения положения уреза характерны и для разовых съемок в период 2011–2015 гг., когда разница между средним положением береговой линии в межгодовом режиме достигала 3 м (отмечалось как отступление, так и выдвигание берега). Такие величины могут быть связаны с колебаниями уровня моря либо с по-

грешностью измерений, и не указывают однозначно на размыв или намыв берега.

В целом, 2011 и 2013 гг. характеризовались общим отступанием берега (и значительной изрезанностью береговой линии); 2012, 2014 и начало 2015 гг. – выдвиганием берега (и выровненной береговой линией). Для оценки возможной погрешности, связанной с конфигурацией берего-

вой линии пересыпи и выявленными линейными характеристиками вдольбереговой “волны” размыва–намыва, для тестового участка в районе профилей 22–24 (рис. 3а) был произведен замер расстояний до базовой линии с шагом 100 и 250 м. Сравнение полученных данных замеров (таблица) показало, что осреднение положения линии уреза, проведенное с разным шагом, дает разницу 0.5–3.7 м, эта разница минимальна для наиболее выровненной береговой линии. Таким образом, погрешность определения среднего положения линии уреза, связанная с изменчивостью конфигурации уреза, достигает несколько метров (то есть близка по величине с измеренными межгодовыми изменениями), но может быть снижена увеличением частоты промерных профилей.

Как было показано выше, каждому конкретному участку пересыпи свойственен свой режим короткопериодной динамики уреза. На рис. 3б видно, насколько велика изменчивость конфигурации уреза по данным съемок, выполненных за сравнительно небольшой период времени (5–10 лет). Реальная изменчивость может быть еще больше. В связи с этим, сравнение двух разовых съемок может давать значительные искажения реальной динамики (при пересечении или наложении участков кратковременного размыва–аккумуляции). В идеальном случае, когда береговая линия выровнена на всем протяжении пересыпи, можно использовать единичный снимок. В остальных случаях, при наличии более или менее выраженных “волн” размыва–аккумуляции, для некоторой компенсации этого искажения необходимо осреднение данных по положению уреза за некоторый период или для определенного участка пересыпи. Для оценки возможного влияния короткопериодной изменчивости положения уреза было определено стандартное отклонение данных 2011–2015 гг. (9 съемок). На рис. 5 приведен график абсолютных величин стандартного отклонения и их осредненных значений. По величинам возможного отклонения текущего положения линии уреза от его среднего положения можно выделить ряд участков в пределах пересыпи, но хорошо видно, что границы этих участков не совпадают с границами участков с различными темпами многолетнего отступления берега.

На рис. 5 хорошо видно наличие в пределах Анапской пересыпи участков, значительно различающихся режимом размыва–аккумуляции. Можно выделить участки сильного размыва (северный – между профилями 31–45 и южный – между профилями 0–13). Центральную часть пересыпи (между профилями 14–31), где перемежаются участки сопоставимого по величине размыва и аккумуляции, можно назвать относительно стабильной. Среднее смещение уреза на всем участке 0.2 м (в сторону берега), что находится в пределах погрешности измерений. Отдельно следует

указать участок к югу от устья р. Анапки (размыв 6.0 м), где ранее наблюдалось значительное отступление берега и неоднократно проводились искусственные отсыпки песка для сохранения городского пляжа.

Для ответа на вопрос – чем же вызвана столь резкая дифференциация морского берега Анапской пересыпи по режиму размыва–аккумуляции, нужны отдельные исследования с привлечением данных по многолетнему гидродинамическому режиму моря, влиянию эоловых процессов и многие другие. В качестве предположений можно выдвинуть следующие возможные объяснения:

1. “Контрастный” волновой режим – в течение года наблюдаются сильные шторма с преобладанием вдольбереговой составляющей (с разными направлениями для противоположных краев дуговидной пересыпи). Результатом является размыв СЗ и ЮВ частей пересыпи и миграция наносов в центральную часть пересыпи.

2. Размыв СЗ части пересыпи может являться продолжением эволюционного развития абразионно–аккумулятивной системы (отступление аккумулятивного тела Бугазской пересыпи вместе с отступанием абразионного коренного берега Таманского полуострова).

3. Размыв южного края Анапской пересыпи может быть вызван дефицитом пляжеобразующих наносов, что связано с отсутствием их поступления с СЗ (поскольку вдольбереговой поток наносов останавливается или иссякает в центральной части пересыпи, поддерживая ее в стабильном состоянии).

4. Размыв южного края Анапской пересыпи может быть следствием однонаправленного выноса песка с пляжа и последующей его аккумуляцией в эоловых формах (этот процесс усилился после озеленения и закрепления дюнного пояса в пределах курортной застройки Анапы в 1960- и 1970-х годах).

5. Отступление морского берега южного края Анапской пересыпи может быть вызвано антропогенным изменением рельефа пляжа (снижением его высотных отметок) и разрушением прибрежных авандюнов.

## ВЫВОДЫ

Сравнение новых материалов и материалов предшествующих исследований показало, что на большей части пересыпи наблюдается отступление береговой линии. Однако, вычисленные скорости отступления линии уреза несколько различаются. По новым данным, максимальная скорость размыва не превышает 1.6 м в год (что близко к результатам [10]), тогда как по материалам [4], скорость размыва на некоторых участках превышала 3 м в год (рис. 2). Полученные данные уточнили и детализировали ход динамики берего-

вой линии всего морского берега Анапской пересыпи. Это имеет большое значение для изучения фундаментальных аспектов литодинамических процессов береговой зоны и для разработки прогноза дальнейшего развития геосистемы пересыпи в целях решения прикладных социально-экономических задач.

Данная работа была бы невозможна без использования материалов дистанционного зондирования, имеющихся в распоряжении различных государственных и частных организаций многих стран и свободно предоставляемых для научных исследований путем размещения в сети Интернет.

Экспедиционные натурные исследования проведены благодаря финансовой поддержке РФФ (грант № 14-50-00095). Камеральная обработка материалов, сбор и анализ литературных и архивных данных проведены благодаря финансовой поддержке РФФ (грант № 14-17-00547). Лазерное воздушное сканирование (ЛВС) и аэрофотосъемка 2013 г. выполнены благодаря финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-05-00466). Обработка данных ЛВС и их геодезическая привязка с созданием ортофотоплана и цифровой модели рельефа выполнены благодаря финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-05-02654). Использованы данные по ландшафтно-морфологическому строению Анапской пересыпи, полученные при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 13-05-96510, № 13-05-96506).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зенкович В.П.* Берега Черного и Азовского морей. М.: Гос. изд. геогр. лит., 1958. 374 с.
2. *Измайлов Я.А.* Краткая характеристика геолого-геоморфологических условий и существующей системы литомониторинга ПГО “Севкавказгеология” в береговой зоне Азовского и Черного морей в пределах Краснодарского края. Сочи: СК ГЭЦ, 1991. 174 с.
3. *Измайлов Я.А.* Эволюционная география побережий Азовского и Черного морей. Книга 1. Анапская пересыпь. Сочи: Лазаревская полиграфия, 2005. 175 с.
4. *Измайлов Я.А., Измайлов М.Я., Сидоренко Л.А.* Отчет о результатах работ по изучению динамики песчаного тела Анапского пляжа. Черноморское отделение ГУП “Кубаньгеология”, п. Лазаревское, ноябрь 2005 г. 87 с.
5. *Косьян Р.Д., Крыленко В.В.* Современное состояние морских аккумулятивных берегов Краснодарского края и их использование. М.: Научный мир, 2014. 256 с.
6. *Косьян Р.Д., Куклев С.Б., Крыленко В.В.* Хрупкое равновесие Анапской пересыпи // *Природа*. 2012. № 2. С. 19–28.
7. *Крыленко В.В., Крыленко М.В.* Исследование значимости и взаимосвязей природных факторов формирования гранулометрического состава отложений и рельефа аккумулятивных береговых форм Черного моря // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. Симферополь: ТНУ им. В.И. Вернадского, 2014. Т. 10. Вып. 1. С. 669–675.
8. *Крыленко В.В., Крыленко М.В.* Ретроспективный анализ картографического и иллюстративного материала как средство оценки состояния природных объектов // “Геосистемы: факторы развития, рациональное природопользование, методы управления”. Краснодар: Изд-во Юг, 2011. С. 294–296.
9. *Климат морей России и ключевых районов Мирового океана (электронный атлас)*. Обнинск: Единая система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО), 2007. [http://www.esimo.ru/atlas/Black/2\\_waterlevel\\_station\\_98062\\_3.html](http://www.esimo.ru/atlas/Black/2_waterlevel_station_98062_3.html).
10. *Лаврентьев Н.В., Куклев С.Б.* Динамика изменения береговой линии Анапской пересыпи за последние 70 лет по данным дистанционного зондирования // *Журн. “Земля из космоса – наиболее эффективные решения”*. 2012. № 13. С. 38–41.
11. *Михайлов В.Н., Магрицкий Д.В., Иванов А.А.* Гидрология дельты и устьевых взморья Кубани. М.: ГЕОС, 2010. 728 с.
12. *Kosyan R.D., Goryachkin Yu.N., Krylenko V.V. et al.* Godin Crimea and Caucasus Accumulative Coasts Dynamics Estimation using Satellite Pictures // *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2012. V. 12. P. 385–390.
13. *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. V. 51. № 6. P. 1061–1071.
14. U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey (USGS). <http://earthexplorer.usgs.gov>
15. WWII Aerial Photos and Maps (Series: Aerial Photographs). <http://www.wwii-photos-maps.com>

## New Data about Sea-Shore Dynamics of the Anapa Bay-Bar

V. V. Krylenko

The methods and results of investigation of the Anapa bay-bar shoreline dynamics, obtained from the analysis of historical and recent data of satellite imaging and aerial survey are presented in this paper. It was revealed that several erosion regions exist along the Anapa bay-bar shore (the revealed retreat of the water edge is greater than 70 m over 50 years). A relatively stable region was found in central part of the bay-bar. In addition, the analysis of short-period dynamics of the water edge location revealed that the short-term (until next storm) displacement of the water edge relative to its mean position is as high as 30 m. These data clarified the dynamics of the Anapa bay-bar shoreline, which is important for the understanding of lithodynamic processes in the coastal zone and developing the forecast of the further evolution of the bay-bar geosystem.