

УДК 551.435.3

О.В. Ивлиева¹, Л.А. Беспалова², В.И. Мысливец³, Л.М. Шипилова⁴

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ СЕВЕРНОГО БЕРЕГА ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА АЗОВСКОГО МОРЯ

Дан прогноз состояния берега Азовского моря между г. Таганрогом и устьем Миусского лимана. Многолетние наблюдения сопоставлены с картографическим материалом и космоснимками, с факторами развития берегов, в том числе с основными типами синоптических ситуаций. Рассмотрение факторов развития берегов показывает их циклический характер. Имеющийся ряд наблюдений позволил выявить циклы активизации и стабилизации абразионно-оползневых процессов. Периоды 1980–2002 гг. и 2006–2010 гг. характеризуются стабилизацией процесса абразии, ожидается усиление процессов размыва берегов примерно до 2020 г., а к 2050 г. – уменьшение интенсивности до значений, сопоставимых с началом XXI столетия. Большая часть берегов на участке на ближайшее десятилетие будет характеризоваться стабильным состоянием со слабой тенденцией к отступанию. Некоторому размыву будут подвергаться аккумулятивные формы Беглицкой, Петрушинской кос.

Ключевые слова: абразионно-оползневые процессы, синоптические ситуации, аккумулятивные формы.

Введение. К началу XXI века значение использования Россией морских берегов возросло. Азовское море близко расположено к центральным областям европейской территории России; на суше существует развитая транспортная инфраструктура; на побережьях расположены крупные промышленные центры (Ростов и Таганрог).

В свете сказанного, на первый план выступают вопросы прогнозирования развития берегов Азовского моря на ближайшие десятилетия. В качестве ключевого участка для прогноза состояния берега на середину XXI века выбран отрезок берега между г. Таганрогом и устьем Миусского лимана. Эта часть берега (устья крупных рек, сложенные лёссовидными суглинками абразионные уступы, динамичные аккумулятивные формы и т. д.) наименее подвержена изменениям под влиянием природных процессов. На этом отрезке берега, как и на всех берегах Азовского моря, сказывается влияние неблагоприятных и опасных природных и антропогенных факторов.

Материалы и методы. Основой для написания настоящей работы послужили литературные материалы, опубликованная картографическая информация, космические снимки «Google» и данные собственных многолетних наблюдений. Количественная оценка процессов абразии коренных пород и размыва аккумулятивных форм, их пространственной и временной изменчивости произведена по материалам экспедиционных работ и данным, полученным на участках стационарной реперной сети

Ростовского университета за период с 2002 г. по настоящее время. Пункты наблюдения расположены в пределах Таганрогского залива и восточного побережья Азовского моря. Основным методом явилось сопоставление этих материалов с факторами развития берегов, в том числе с основными типами синоптических ситуаций, определяющих преобладание ветра и волнений, изменения уровня моря (объемными многолетними и денивеляционными сгонно-нагонными и сейшевыми), и на их основе разработка возможных сценариев развития берегов Таганрогского залива.

Результаты исследований и их обсуждение.
Морфологическое строение ключевого участка. По морфологии, интенсивности и характеру береговых процессов в пределах исследуемого района выделяются: Таганрогский мыс, коса Петрушина, берег, ограниченный на западе Беглицкой косой; аккумулятивное тело Беглицкой косы, берег от Беглицкой косы до входа в Миусский лиман. Ниже дается их характеристика на основе опубликованных работ [Мамыкина, Хрусталева, 1980; Ивлиева, Бердникова, 2005] и анализа космических снимков Google.

Геологическое строение берега. В основании разреза северного берега восточной части Таганрогского залива лежат известняки, которые к западу погружаются под урез моря и перекрываются рыхлыми отложениями [Ивлиева, Бердникова, 2005].

Таганрогский залив Азовского моря вытянут в субширотном направлении на 120 км. Его ширина составляет 20–40 км. Берега осложнены косами и

¹ Южный федеральный университет, кафедра туризма, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: ivlieva.o@mail.ru; Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр» (ФГБУРосИНВХЦ)

² Южный федеральный университет, кафедра океанологии, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: bespalowaljudmila@yandex.ru; Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр» (ФГБУРосИНВХЦ)

³ Московский государственный университет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, канд. геогр. н., вед. науч. с.; e-mail: myslivets@yandex.ru

⁴ Московский государственный университет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, канд. геогр. н., ст. науч. с.; e-mail: lm-shipilova@rambler.ru

их подводными продолжениями: Кривой, Беглицкой, Очаковской, Чумбурской и другими. Обычно подводные продолжения протяженнее (10–20 км), чем сами косы (1–5 км). Рельеф восточной части залива представляет собой пологоволнистую с отмелями (2–3 м и менее) равнину. Для авандельты Дона характерны многочисленные подводные русла относительно большой глубиной 1–2 м. В рельефе дна осевой части залива наиболее выразительным элементом является пологосклонная ложбина, к которой направлен общий уклон поверхности дна. Глубины в ложбине нарастают от 5 до 10 м на юго-западе, на выходе из залива.

В береговых обрывах Таганрогского мыса обнажены лёссовидные суглинки, песчано-глинистые отложения древнеэвксинской террасы и среднесарматские известняки. Берег на протяжении 8 км до Петрушиной косы представляет абразионный уступ высотой до 18–20 м с мелкими осыпями и обвалами у основания. Пляж шириной 10–13 м сложен галькой, угловатыми обломками известняков и песчаников, кварцевым песком, ракушей и детритом. Подводный береговой склон отмельный, уклоны дна 0,003–0,007. Глубина 1 м расположена на расстоянии 200–300 м, двухметровая изобата проходит в 600 м от уреза.

Коса Петрушина образует вытянутую вдоль коренного берега аккумулятивную полосу длиной 3,5 км, шириной 250–270 м. Дистальная часть косы ориентирована на юго-восток. Ширина пляжа увеличивается от 5–7 м у основания до 20–25 м на ее оконечности. Пляжевые отложения представлены разнотельным кварцевым песком с включениями обломков известняка (10%). Содержание ракушки в среднем 20–30%, максимальное – 40%. Мощность осадков, залегающих на серых и зеленоватых глинах, 0,5–1 м. Петрушина коса имеет обширную отмель, сложенную мелкозернистым песком с примесью ракушки. Верхняя граница мелкоалевритового и глинистого ила лежит необычно высоко, на глубине 1,5–2,0 м.

Береговые уступы между косами Петрушина и Беглицкая имеют высоту от 18–20 м у с. Русская Слобода и х. Веселого до 6–8 м восточнее с. Дмитриадовка. Основание обрывов перекрыто плащом из материала осыпей и обвалов, верхняя часть расчленена оврагами и балками. В геологическом строении участвуют отложения четвертичного и неогенового возраста. Уклоны дна составляют 0,011; в западном направлении (к косе Беглицкой) они уменьшаются до 0,004–0,006.

Информацию о морфологии подводного берегового склона содержат также космические снимки. На них видно, что морфология подводного склона меняется от места к месту. К западу от Петрушиной косы подводный склон, по-видимому, представляет собой глинистый бенч, размываемый волнами. Далее к западу, между Дмитриадовкой и Веселым на космических снимках хорошо видны подводные аккумулятивные формы – песчаные валы и гряды. Валы располагаются примерно в 120–

150 м от берега. Напротив п. Александрова-Коса рельеф подводного склона осложняется песчаными грядами – формами более крупных размеров, имеющих северо-восточную ориентировку. Песчаные валы здесь сохраняют свое направление, несколько уменьшаются в размерах, но осложняют поверхность гряд. Гряды имеют в длину до 400 м, расстояние между гребнями гряд составляет 30–40 м. Устье Миусского лимана осложнено пересыпью – низкой заросшей аккумулятивной террасой, с признаками антропогенной деятельности.

Коса Беглицкая, вторая по площади после Кривой на северном берегу Таганрогского залива, имеет ширину 3 км, длину западного берега – 5 км. Абсолютные отметки поверхности от 0,4 до 1,5 м. Аккумулятивное тело сложено разнотельным кварцевым песком, ракушей, детритом с известковой галькой, гравием и обломками известняков. Содержание ракушки изменяется от 40 до 70%. Мощность песчано-ракушечных отложений уменьшается в северном и северо-западном направлениях, в среднем составляя 1,5–2,0 м.

Современные вертикальные движения берегов Азовского моря. В разных источниках приводятся цифры от 1–1,5 до 2–2,6 мм/год. По данным Н.С. Благоволина и С.В. Победоносцева [1973], за 1882–1970 гг. побережье в районе г. Таганрога испытывало опускания со скоростью 0,6 мм/год. Точность определения скорости составляет $\pm 0,21$ мм/год. Если принять среднюю скорость подъема уровня моря равной 2 мм/год, то побережье Таганрогского залива испытывает поднятие со скоростью 1,4 мм/год, отставая от подъема уровня моря на 0,6 мм/год.

Синоптические ситуации. Над Азовским морем выделяют 4 основных типа атмосферной циркуляции [Гидрометеорология и гидрохимия ..., 1991]:

- тип I – антициклон расположен над центральными районами европейской части России. Над Азовским морем преобладают ветры северного, северо-восточного и восточного направлений. Этот тип имеет наибольшую повторяемость в холодную часть года;

- тип II – циклоническая деятельность развивается над районом Балтийского моря. Отмечается усиление южных, юго-западных и юго-восточных ветров до 20–24 м/с. Этот тип наиболее устойчив в период с ноября по февраль;

- тип III – обширный циклон охватывает всю европейскую часть России. Происходит усиление ветра западного и северо-западного направлений;

- тип IV – антициклоны занимают западный Казахстан и восточные районы европейской части России; Средиземное море и Балканский полуостров заняты депрессией. Прохождение средиземноморских циклонов сопровождается усилением южных ветров до 18–20 м/с.

Выделяется еще V тип, при котором барическое поле представляет собой слабо развитые размытые области повышенного и пониженного давления.

Гидрологические условия. Волнение. Развитие волн на Азовском море определяется ветром

над морем и небольшими глубинами, которые ограничивают рост волн. В холодное время года развитие волнения препятствуют льды [Гидрометеорология и гидрохимия ..., 1991].

Ветры южного и восточного направлений вызывают наиболее частые волны высотой не более 2,8 м. Ветры, возможные 1 раз в 50 лет, могут вызывать волны высотой до 3–4 и более метров. В более мелководных районах рост волн уже при скорости ветра ~20 м/с ограничивается глубиной.

Уровень моря. Выделяются 2 основных вида колебаний уровня: объемные многолетние и денивелиационные сгонно-нагонные и сейшевые [Гидрометеорология и гидрохимия ..., 1991]. Среди составляющих водного баланса наибольшей изменчивостью от года к году и внутри года отличается речной сток. Обусловленная им разность высот уровня за сезон достигает 101 см. Приток черноморской воды менее изменчив, чем материковый сток. В среднем за год его значение эквивалентно повышению уровня почти на 100 см, минимальный приток составляет 67, максимальный 100–134 см. Наибольший приток до 65% от годового наблюдается осенью и зимой. Атмосферные осадки повышают уровень в среднем на 42 см (25–55 см). Распределяются осадки по сезонам относительно равномерно.

В расходной части водного баланса наиболее изменчивым элементом является сток воды в Черное море, понижающий уровень Азовского моря в среднем за год на 138 см (94–185 см). Испарение с водной поверхности в среднем за год составляет 91 см (80–103 см).

Межгодовые изменения уровня определяются изменчивостью стока рек Азово-Черноморского бассейна и обусловлены климатическими факторами планетарного масштаба. В летнем ходе среднего уровня Азовского моря наблюдается периодичность в 2–3, 4–5, 8–10 лет на фоне более крупных периодов – 25–30 лет. В среднем промежутки времени между максимумом и последующим минимумом равен 6 годам, а между наиболее высоким и низким стоянием уровня – 18,5 года.

Отдельные участки кривой многолетнего хода уровня характеризуются наличием однонаправленной тенденции – тренда. С 1878 по 1935 гг. уровень моря понижался, а с 1935 по 1985 гг. повышался. Тренд для периода падения уровня составил 10,5, для периода подъема – 4,5 см. В изменениях тренда с 1921 г. отмечаются признаки цикличности, составляющие 21–22 года.

В настоящее время большое внимание привлекает обусловленный изменениями клима-

та подъем уровня Мирового океана. По различным прогнозам, к концу столетия уровень должен подняться на величину от 0,35 до 1,4 м. На рис. 1 представлен график колебаний уровня Черного моря на посту г. Херсона [Горячкин, Иванов, 2006]. Тренд на графике продлен нами до середины XXI столетия. При сохранении существующей тенденции уровень моря за предстоящие полвека поднимется примерно на 10–12 см. Усиление циклональной деятельности, увеличение повторяемости западных штормов и нагонов, изменение водного баланса Азовского моря и вызванное этим повышение уровня Таганрогского залива предопределило широкое развитие опасных экзогенных процессов на побережье. Повышение уровня за период 1922–2002 гг. составило в Таганроге 0,71 см/год. [Ивлиева, Беспалова, Ивлиев, 2010]. Это значение целесообразно использовать для прогноза развития берегов Азовского моря.

Сгонно-нагонные и сейшевые колебания уровня. На фоне долгопериодных колебаний, связанных с изменением объема вод моря, происходят кратковременные сгонно-нагонные и сейшевые колебания уровня моря. Они отражаются в наклоне плоскости поверхности моря вдоль оси симметрии Таганрогского залива и собственно моря. Наклон уровня Азовского моря от вершины Таганрогского залива до Керчи может составлять в среднем 16 см [Иванов с соавт., 1994]. Отличие сгонно-нагонных колебаний уровня от объемных заключается в их быстрой изменчивости во времени и по акватории моря. На местные сгонно-нагонные колебания в различных районах моря влияет ориентация береговой линии относительно господствующих ветров. В Таганроге сгонно-нагонные колебания могут достигать 6 м.

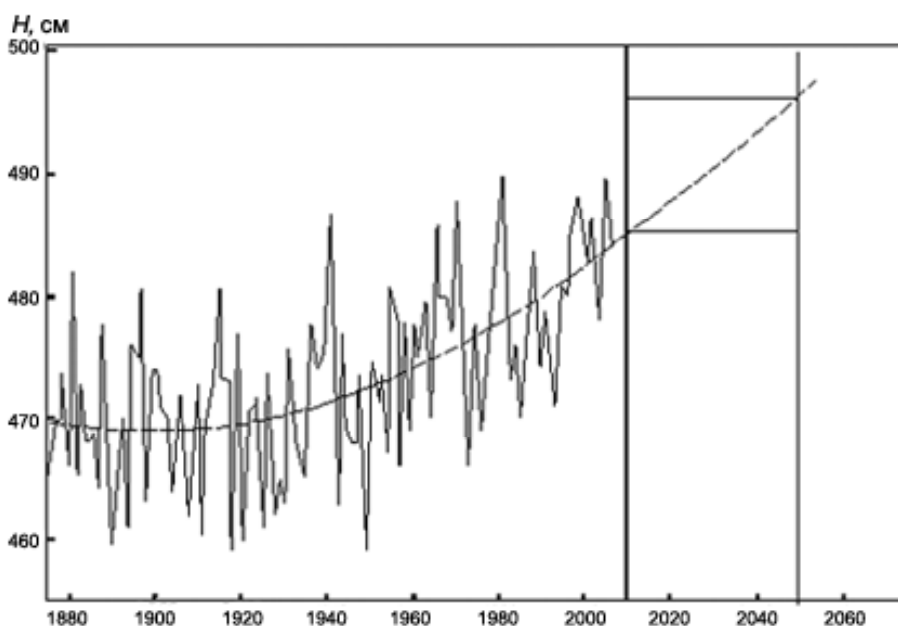


Рис. 1. Наблюдаемые изменения уровня Черного моря в Херсоне (сплошная линия, [Горячкин, Иванов, 2006]) и линия тренда (пунктирная) с прогнозом

Fig. 1. Observed changes of the Black Sea level in Kherson (solid line, [Goryachkin, Ivanov, 2006]) and the trend line with the forecast (dashed line)

На Азовском море экстремальные уровни формируются под воздействием штормовых ветров более 15 м/с, повторяемость которых составляет примерно 6–10% в год. На основе данных гидрометеорологических станций (ГМС) Азовского моря, за период 1991–2014 гг. выполнен анализ повторяемости опасных (ОЯ) и неблагоприятных явлений (НЯ), связанных с экстремальными колебаниями уровня, соответствующими критическим отметкам на ГМС. За исследуемый период общее число случаев НЯ и ОЯ уровней в Таганроге достигло 55. Высокая гидродинамическая активность наблюдалась с 1991 по 2001 гг. Период 2002 по 2012 гг. характеризовался наименьшей частотой проявления экстремальных нагонных уровней, то есть наблюдаются 10–11-летние циклы проявления экстремальных нагонов. Можно прогнозировать, что с 2013 г. начался новый цикл активизации нагонных опасных и неблагоприятных уровней для Азовского моря. В 2014 г. при юго-западном ветре 40 м/с отмечен катастрофический нагон выше отметок ОЯ. На большинстве гидрологических постов были отмечены исторические максимумы. Данное нагонное явление является историческим с максимальной отметкой, которая стала абсолютной в ряду наблюдений 1881–2014 гг. для всех ГМС Азовского моря [Беспалова, 2016].

Серьезному воздействию экстремальных нагонов в марте 2013 г. и в сентябре 2014 г. подверглись как берега, так и аккумулятивные формы – косы Азовского моря. Большая часть кос была затоплена, уровень воды поднимался на отметки более 2 м. [Ивлиева, Беспалова, 2015].

Ледовые условия. Толщина льда в Таганрогском заливе в умеренные и суровые зимы достигает 60–80, в мягкие – 40–45 см. Особенно сильное торошение происходит у отмелей и кос. В западной части залива обычно образуется пояс торосов шириной более 1 морской мили при высоте 1–2 м. Подвижки ледяных полей активно действуют на косы ключевого района (Беглицкую, Петрушина, Александра) и пляжи. Эти подвижки влияют на баланс наносов аккумулятивной части берега, а также на морфологию подводного склона, производя выпаивающее воздействие.

С учетом происходящего потепления климата можно прогнозировать уменьшение значения ледового фактора в развитии побережья на участке Таганрог – устье Миусского лимана.

Соленость. Между биомассой зообентоса и минерализацией вод существует прямая зависимость. Повышенная соленость способствует увеличению толщины стенок раковин моллюсков, что делает более значимой роль биогенного материала в питании пляжей. Естественный солевой режим Азовского моря зависит от стока рек Дона и Кубани и водообмена с Черным морем. За 1923–1985 гг. приток черноморских солей увеличился более чем вдвое.

Течения. В Таганрогском заливе наиболее сильные течения возникают, когда направление ветра совпадает с осью залива. При сильных ветрах скорость течения достигает 60 см/с и более. При этом

скорость восточных течений значительно больше скорости западных.

Цунами. Установленных сильных землетрясений в акватории Азовского моря нет; допускается вероятность землетрясений вдоль северного и южного побережий моря [Никонов, 1997].

К *антропогенным воздействиям* относятся: зарегулирование стока рек Дона и Кубани, отбор наносов с пляжа в 1950-е годы, расчистка подходов судоходных каналов, строительство различных берегозащитных сооружений, рекреационная деятельность на берегах.

Проблема прогноза развития берега на участке Таганрог – устье Миусского лимана. Рассмотрение факторов развития берегов показывает его циклический характер. Некоторые обнаруживают связь с соляным климатом, колебаниями солнечной радиации; у других эта связь очень опосредована, а у третьих вообще не является главной. Исходя из этого, целесообразно проанализировать самые общие черты цикличности процессов в районе Азовского моря.

Анализ солнечной активности, выраженной в значениях чисел Вольфа, отчетливо показывает существование давно известного 11-летнего цикла. Максимум солнечной активности приходился на рубежи десятилетий (1981–1991, 1991–2001 и т. д.). Кроме того, намечается цикличность более крупного порядка (с периодом примерно 100–110 лет). Эти влияния в атмосфере сильно трансформируются в разных компонентах природы. Судя по опубликованным данным, можно предположить, что в середине XXI столетия будет наблюдаться минимум солнечной активности или начало восходящей ветви столетнего цикла.

От анализа солнечной активности перейдем к интенсивности волнения. На рис. 2 показана максимальная высота волн в зимний сезон в северной части Азово-Черноморского бассейна. График выявляет колебательный характер процесса. Для долгосрочного прогноза интерес представляют колебания интенсивности с периодом около полувек. Авторами статьи данные наблюдений экстраполированы с учетом прогнозов до 2020 г. При сохранении этой тенденции в 20-х годах текущего столетия ожидается максимум интенсивности волновых процессов, переходящий к середине столетия в минимальные значения или в начало восходящей ветви следующего цикла. Ожидаемый минимум интенсивности волновых процессов в середине настоящего столетия совпадает с предполагаемым минимумом солнечной активности.

Этот вывод подтверждают и данные по волнам высотой 3 м и выше. Они показывают уменьшение интенсивности к концу XX – началу XXI века.

На приведенном на рис. 3 графике интенсивности абразии берегов Азовского моря за 60 лет (1940–2000 гг.) зафиксировано ослабление процессов к началу 2000-х годов. Следуя логике прогноза колебания волновой активности в период между 2000 и 2005 гг., ожидается усиление процессов размыва

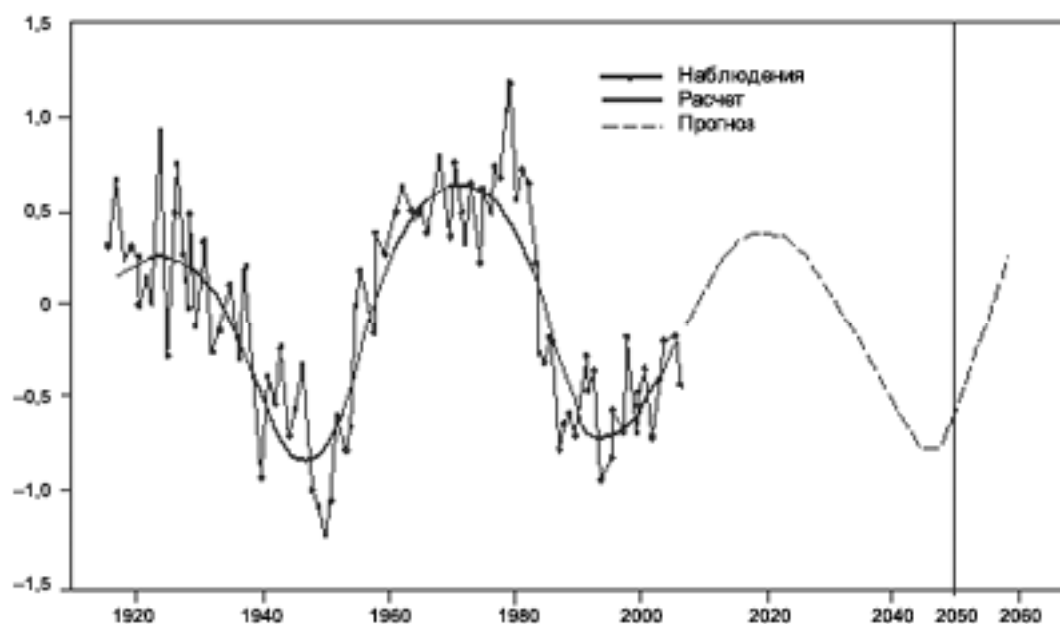


Рис. 2. Нормированная максимальная высота волн в зимний сезон, осредненная по трем пунктам наблюдений (МГ Ялта, МГ Одесса-Порт, МГ Херсонесский маяк). Сглаживание производилось путем использования фильтра Баттерворта десятого порядка с частотой среза $0,055 \text{ год}^{-1}$ [Воскресенская с соавт., 2011]. Пунктирная линия – прогноз до 2020 г; вертикальная черта – середина столетия

Fig. 2. Standardized maximum wave height during winter season, averaged for three points of observations (MG Yalta, MG Odessa Port, MG the Chersonese lighthouse). Smoothing was made using the Butterworth filter of the 10th order with cutoff frequency of $0,055 \text{ year}^{-1}$ [Voskresenskaya et al., 2011]. Dashed line is the forecast till 2020; vertical line marks the middle of the century

берегов примерно до 2020 г., а к 2050 г. – уменьшение интенсивности до значений, сопоставимых с началом XXI столетия.

Имеющийся ряд наблюдений позволил выявить циклы активизации и стабилизации абразионно-оползневых процессов. Периоды 1980–2002 гг. и 2006–2010 гг. характеризуются стабилизацией процесса абразии, средние скорости в это время не превыша-

ли 1 м/год, периоды 2003–2006 гг. и 2010–2014 гг. отличаются интенсификацией этих процессов, что связано с увеличением частоты штормовых нагонов с западной составляющей. Особенно высокие скорости разрушения берегов зафиксированы в период 2013–2014 гг., что обусловлено увеличением повторяемости нагонных ветров и волнений и катастрофическими подъемами уровня воды.

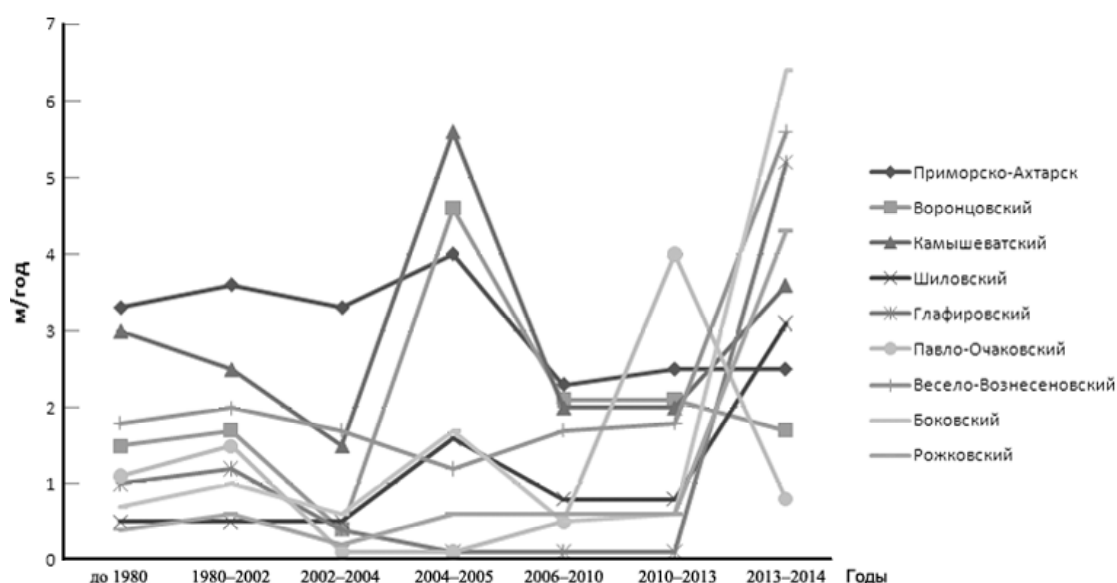


Рис. 3. Динамика скорости абразии на берегах Азовского моря [Ивлиева с соавт., 2015]

Fig. 3. Dynamics of the abrasion rate on the Azov Sea coasts [Ivliyeva, Bespalova et al., 2015]

В работах Ю.В. Артюхина с соавт. [1988], О.В. Ивлиевой с соавт. [2005] приведены значения абразии берегов по выделенным участкам, измеренные с помощью реперной сети. Для района Таганрог – устье Миусского лимана эти значения различны для разновременных съемок. Характерные значения абразии 1,5, максимальные – до 2 м. Размыв Беглицкой косы происходит со скоростью в среднем 0,5 м/год, а максимальное значение достигает 2,7 м/год. Эти данные опубликованы в 1988 г., а характеризуют еще более ранние годы. Скорости абразии для того же района побережья за более позднее время составляют от 0,1 до 0,8–0,9 м/год [Ивлиева, Бердников, 2005]. Видно уменьшение интенсивности абразионных процессов к рубежу XX–XXI вв., что согласуется с данными, приведенными выше.

Сопоставление данных карт генштаба и космонимков (1982–2014 гг.) позволило установить, что за 32 года берег отступал с разной скоростью от косы Беглица до косы Петрушина.

На участке Золотая коса берег отступил на 62,3 м, при средней скорости абразии 1,9 м. Еще более высокие скорости отступления берега, по данным космомониторинга, зафиксированы на участке Красный Десант, Александрова Коса – 124,2 и 122,2 м соответственно [Беспалова, Беспалова, Шафорова, 2016].

Усугубляет размыв берегов уменьшение биологической продуктивности моллюсков, сокращение биогенного питания пляжей. Исследование вещественного состава пляжей Таганрогского залива показало, что в сравнении с 80-ми годами XX века содержание раковинного материала уменьшилось практически вдвое – в среднем с 30 до 15% в настоящее время. Это повлекло за собой размыв кос как в прикорневой части, так и на протяжении всей морской стороны косы. Ширина пляжей на всех косах Таганрогского залива уменьшилась с 15 до 5–7 м [Ивлиева, Ивлиев, Беспалова, 2013].

Общий прогноз развития берега заключается в следующем: после ослабления интенсивности береговых процессов в начале XXI в. следует ожидать их интенсификации в 30–40-е годы XXI столетия, после чего к середине столетия должна наступить следующая эпоха относительно спокойного развития. В соответствии с вышеизложенным большая часть берегов на участке Таганрог – устье Миусского лимана будет характеризоваться стабильным состоянием со слабой тенденцией к отступанию. Некоторому размыву будут подвергаться аккумулятивные формы Беглицкой, Петрушинской кос. Поскольку амплитуда сгонно-нагонных, сейшевых и других колебаний значительно превосходит амплитуду эвстатического подъема уровня моря, мож-

но полагать, что этот фактор не будет иметь в данном регионе определяющего значения. Приведенный прогноз не противоречит имеющимся данным о солнечной активности. Однако небольшое приращение среднего многолетнего уровня может вызвать значительное увеличение высоты воздействия волн на берега.

Свой прогноз развития берегов опубликовал А.О. Селиванов [2001]. По его представлениям, к концу столетия на берегах будет преобладать сильная абразия и повсеместный размыв аккумулятивных форм. Прогноз А.О. Селиванова имеет несколько алармистский характер, что отражено и в названии его книги.

Наш прогноз более умеренный. Подъем уровня к середине XXI в. будет составлять не более 10–15 см для Азовского моря. На фоне сгонно-нагонных и сейшевых колебаний уровня с амплитудой намного больше 1 м, этот подъем будет не столь заметен. Существенным отличием нашего прогноза является учет цикличности природных процессов, в отличие от линейного прогноза А.О. Селиванова. В настоящем контексте слова «цикличность», «ритмичность», «квазиритмичность» имеют близкие значения и означают, прежде всего, изменения интенсивности процессов во времени (их хроноструктуру). Эти изменения имеют как повторяющийся, так и направленный характер. При увеличении рассматриваемого отрезка времени направленность становится частью цикличности более высокого порядка.

Выводы:

- выявлены циклы активизации и стабилизации абразионно-оползневых процессов; с 2013 г. начался новый цикл активизации неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлений в Азовском море;

- после ослабления интенсивности абразионно-оползневых береговых процессов в начале XXI в. следует ожидать их интенсификации в 30–40-е годы XXI столетия, а к середине столетия может наступить эпоха относительно спокойного их развития;

- эвстатический подъем уровня моря существенно меньше амплитуды сгонно-нагонных, сейшевых и других колебаний уровня, поэтому этот фактор не будет иметь определяющего значения;

- размыв берегов усугубляется уменьшением биологической продуктивности моллюсков, сокращением биогенного питания пляжей; в сравнении с 80-ми годами XX века содержание раковинного материала уменьшилось вдвое – в среднем с 30 до 15%;

- направленность развития берега зависит от его ориентированности относительно господствующих волнений.

Благодарности. Работа выполнена по теме госзадания АААА-А16-11632810089-5 «Эволюция природной среды, динамика рельефа и геоморфологическая безопасность природопользования» и в рамках внутреннего гранта ЮФУ 213.01-07-2014/14 «Разработка методов и технологий оценки и прогнозирования опасных явлений Приазовского региона Дона, Кубани, Крыма».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артюхин Ю.В., Алексенко В.В. Общие закономерности перестройки береговой линии Азовского моря // Изв. СК НЦВШ. 1988. № 1. С. 103–107.
- Артюхин Ю.В., Мамыкина В.А. Изменчивость поступления материала абразии в Азовское море // Изв. СКНЦ ВШ. Естеств. науки. 1978. № 3. С. 79–81.
- Беспалова Л.А., Беспалова Е.В., Шафоростова С.Ю. Исследование динамики береговой линии Азовского моря на основе космоснимков и ГИС-картографирования // Экология. Экономика. Информатика. Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования. Сб. мат-лов III Всерос. конф. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2016. С. 42–58.
- Беспалова Л.А., Лурье П.М., Тарадин Е.Ю. Многолетняя динамика экстремальных уровней Азовского моря // Экология. Экономика. Информатика. Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования. Сб. мат-лов III Всерос. конф. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2016. С. 72–80.
- Благоволит Н.С., Победоносцев С.В. Современные вертикальные движения берегов Черного и Азовского морей // Геоморфология. 1973. № 3. С. 46–55.
- Воскресенская Е.Н., Наумова В.А., Евстигнеев Н.П., Евстигнеев В.П. Низкочастотная изменчивость повторяемости экстремальных штормов в Азово-Черноморском бассейне // Электронное издание. Избр. тр. МГИ НАН Украины, 2011.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. V. Азовское море. СПб.: Гидрометеиздат, 1991. 236 с.
- Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее, будущее. Севастополь: Экоги-гидрофизика, 2006. 210 с.
- Иванов В.А., Манилюк Ю.В., Черкесов Л.В. О сейшах Азовского моря // Метеорология и гидрология. 1994. № 6. С. 105–110.
- Ивлиева О.В., Бердников С.В. Современные скорости разрушения берегов Российского побережья Азовского моря // Геоморфология. 2005. № 4. С. 74–83.
- Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Ивлиев П.П. Современные береговые процессы Таганрогского залива // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2010. № 5. С. 107–110.
- Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е., Сушко К.С., Комогоров А.Ю. Современное состояние абразионных и аккумулятивных берегов Азовского моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. Севастополь: Морской гидрофизический институт РАН, 2015. Вып. 1. С. 40–47.
- Ивлиева О.В., Ивлиев П.П., Беспалова Л.А. Опасные природные и техноприродные процессы морского побережья // Тамбовский вестник ТГУ. 2013. Т. 18. Вып. 2. С. 606–610.
- Мамыкина В.А., Хрусталева Ю.П. Антропогенные изменения природных связей в береговой зоне Азовского моря // Теоретические проблемы развития морских берегов. М.: Наука, 1989. С. 168–173.
- Никонов А.А. Цунами на берегах Черного и Азовского морей // Физика Земли. 1997. № 1. С. 86–96.
- Селиванов А.О. «Береговая катастрофа» на Азовском море: миф или реальная угроза? М.: ГЕОС, 2001. 84 с.

Поступила в редакцию 31.01.2017
Принята к публикации 09.06.2017

O.V. Ivlieva¹, L.A. Bespalova², V.I. Myslivets³, L.M. Shipilova⁴

FORECASTED EVOLUTION OF THE NORTHERN COAST
OF THE TAGANROG BAY OF THE AZOV SEA

The state of the Azov Sea coast between Taganrog and the Miuss Liman mouth is forecasted. Long-term observations are compared with cartographic materials and satellite images, and with factors of coast development, including the main types of synoptic situations. The analysis of coast development factors revealed their cyclic nature. The available series of observations made it possible to identify the cycles of activation and stabilization of abrasion and landslide processes. The periods of 1980–2002 and 2006–2010 are characterized by the abrasion process stabilization; increasing washout of the coast is expected approximately till 2020; and by 2050 the intensity reduction to the values comparable to the beginning of the 21st century is forecasted. In the next decade the majority of coasts under study will be stable with a slight retreat tendency. Accumulative forms of Beglitskaya and Petrushinskaya spits will be exposed to minor washout.

Key words: abrasive-landslide processes, synoptic situations, accumulative forms.

Acknowledgements. The study was carried out under the state task AAAA-A16-11632810089-5 «Evolution of natural environment, dynamics of relief and geomorphological safety of nature management» and financially supported by the SFU (internal project № 213.01-07-2014/14).

¹ Southern Federal University, Department of Tourism, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: ivlieva.o@mail.ru; Federal State Budget Institution Russian Information-Analytical and Research Water Economy Center (ФГБУРосИНВХЦ)

² Southern Federal University, Department of Oceanology, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: bespalowaliudmila@yandex.ru; Federal State Budget Institution Russian Information-Analytical and Research Water Economy Center (ФГБУРосИНВХЦ)

³ Lomonosov Moscow State University, Department of Geomorphology and Palaeogeography, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: myslivets@yandex.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Department of Geomorphology and Palaeogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: lm-shipilova@rambler.ru

REFERENCES

- Artyukhin Yu.V., Aleksenko V.V. Obshhie zakonomernosti perestrojki beregovoj linii Azovskogo morya [General regularities of transformation of the Azov Sea coastline] // Izvestiya SK NTSVSH. 1988. № 1. S. 103–107 (in Russian).
- Artyukhin Yu.V., Mamykina V.A. Izmenchivost' postupleniya materiala abrazii v Azovskoe more [Variability of the abrasion material input to the Azov Sea] // Izv. SKNTS VSH. Estestv. nauki. 1978. № 3. S. 79–81 (in Russian).
- Bespalova L.A., Bespalova E.V., Shaforostova S.Yu. Issledovanie dinamiki beregovoj linii Azovskogo morya na osnove kosmosnimkov i GIS-kartografirovaniya [Studying the dynamics of the Azov Sea coastline on the basis of space imagery and GIS mapping] // Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Azovskoe more, Kerchenskij proliv i predprolivnye zony v Chernom more: problemy upravleniya pribrezhnymi territoriyami dlya obespecheniya ehkologicheskoy bezopasnosti i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: sbornik materialov III Vserossijskoj konferentsii. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2016. S. 42–58 (in Russian).
- Bespalova L.A., Lur'e P.M., Taradin E.YU. Mnogoletnaya dinamika ehkstremaal'nykh urovnej Azovskogo moray [Long-term dynamics of extreme levels of the Azov Sea] // Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Azovskoe more, Kerchenskij proliv i predprolivnye zony v Chernom more: problemy upravleniya pribrezhnymi territoriyami dlya obespecheniya ehkologicheskoy bezopasnosti i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: sbornik materialov III Vserossijskoj konferentsii. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2016. S. 72–80 (in Russian).
- Blagovolin N.S., Pobedonostsev S.V. Sovremennye vertikal'nye dvizheniya beregov Chernogo i Azovskogo morej [Recent vertical movements of the Black and Azov sea coasts] // Geomorfologiya. 1973. № 3. S. 46–55 (in Russian).
- Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morej SSSR. T. V. Azovskoe more. [Hydrometeorology and hydrochemistry of seas of the USSR. V. 3 The Azov Sea] // SPb.: Gidrometeoizdat, 1991. 236 s. (in Russian).
- Goryachkin U.N., Ivanov V.A. Uroven' Chernogo morya: proshloe, nastoyashhee, budushhee [The Black Sea level: past, modern, future]. Sevastopol': Ekosi-gidrofizika, 2006. 210 s. (in Russian).
- Ivanov V.A., Manilyuk YU.V., Cherkasov L.V. O sejshakh Azovskogo morya [About the seiches of the Azov Sea] // Meteorologiya i gidrologiya. 1994. № 6. S. 105–110 (in Russian).
- Ivlieva O.V., Berdnikov S.V. Sovremennye skorosti razrusheniya beregov Rossijskogo poberezh'ya Azovskogo morya [Actual rates of abrasion over the Russian part of the Azov Sea coast] // Geomorfologiya. 2005. № 4. S. 74–83 (in Russian).
- Ivlieva O.V., Bespalova L.A., Ivliev P.P. Sovremennye beregovye protsessy Taganrogskogo zaliva [Contemporary coast processes of the Taganrog Bay] // Izv. vuzov. Severo-kavkazskij region. Estastvennye nauki. 2010. № 5. S. 107–110 (in Russian).
- Ivlieva O.V., Bespalova L.A., Tsygankova A.U., Suchko K.S., Komogorov A.Yu. Sovremennoye sostoyanie abraziionnykh i akumulativnykh beregov Azovskogo morya [The contemporary state of abrasive and accumulative coasts of the Azov Sea] // Ecological safety of the coastal and shelf zones of sea. Sevastopol: Sea hydrophysical institute RAN Russian Academy of Science, 2015. Vip. 1. S. 40–47 (in Russian).
- Ivlieva O.V., Ivliev P.P., Bespalova L.A. Opasnye prirodnye i tehnoprirodnye protsessy morskogo poberezh'ya [Dangerous natural and techno-natural processes of sea coasts] // Tambovskij vestnik TGU. 2013. T. 18. Vyp. 2. S. 606–610 (in Russian).
- Mamykina V.A., Khrustalev Yu.P. Antropogennye izmeneniya prirodnykh svyazey v beregovoj zone Azovskogo morya [Anthropogenic changes of natural links in the coastal zone of the Azov Sea] // Teoreticheskie problemy razvitiya morskikh beregov. M.: Nauka, 1989. S. 168–173 (in Russian).
- Nikonov A.A. Tsunami na beregah Chernogo i Azovskogo morej [Tsunami on the coasts of the Black and Azov seas] // Geophysics. 1997. № 1. S. 86–96 (in Russian).
- Selivanov A.R. «Beregovaya katastrofa» na Azovskom more: mif ili realnaya ugroza? [«Coast catastrophe» in the Azov sea: myth or real threat?] // M.: GEOS, 2001. 84 s. (in Russian).
- Voskresenskaya E.N., Naumova V.A., Evstigneev N.P., Evstigneev V.P. Nizkochastotnaya izmenchivost' povtoryaemosti ehkstremaal'nykh shtormov v Azovo-Chernomorskom bassejne [Low-frequency variability in the repetition of extreme storms in the Azov-Black Sea basin] Elektronnoe izdanie Izbrannye trudy MGI NAN Ukrainy. 2011 (in Russian).

Received 31.01.2017

Accepted 09.06.2017