УДК 551.4.042(262.59): 551.461.25(262.59) DOI 10.23885/1993-6621-2020-8-111-121

5.3. ШТОРМОВЫЕ НАГОНЫ В АЗОВСКОМ МОРЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА АБРАЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Л.А. Беспалова, А.Е. Цыганкова, Е.В. Беспалова, С.А. Мисиров

Аннотация. В статье проведен анализ многолетней динамики и повторяемости опасных и неблагоприятных уровней моря за период 1991–2016 гг. В этот период наблюдалось 216 случаев экстремальных колебаний уровня. Количество неблагоприятных явлений (НЯ) и опасных явлений (ОЯ) нагонов (149 случаев – 69 %) преобладало над количеством сгонов (67 случаев – 31 %). Из многолетних режимных наблюдений за абразией на реперной сети видно, что развитию и активизации этих процессов способствуют штормовые нагоны. Имеющийся ряд наблюдений позволил выявить циклы активизации и стабилизации абразионно-оползневых процессов и нагонных повышений уровня. Периоды 1980–2002 гг. и 2006–2010 гг. характеризовались стабилизацией процесса абразии, средние скорости в это время не превышали 1 м/год, периоды 2004–2006 гг. и 2010–2014 гг. отличаются интенсификацией этих процессов, что связано с увеличением частоты штормовых нагонов с западной составляющей. Особенно высокие скорости разрушения берегов (в среднем по морю более 2 м/год, максимум более 6 м/год) зафиксированы в период 2013–2014 гг., что обусловлено увеличением повторяемости нагонных ветров и волнений и катастрофическими подъемами уровня. Нагон проявился на всех азовских берегах и привел к затоплению кос Должанской, Ейской, Чумбурской, Очаковской и разрушению прибрежных строений.

Ключевые слова: абразия, оползни, сгоны, нагоны, повторяемость, опасные, неблагоприятные явления, Азовское море

Введение

Как известно, Азовское море является самым мелководным морем Мирового океана (максимальная глубина 13,8 м). Древние греки называли его Меотийским болотом. Однако это «болото» зачастую преподносит очень неприятные сюрпризы, связанные с проявлением опасных природных процессов.

Опасные природные явления на Азовском море происходят главным образом при штормовых нагонах и сгонах, а также связаны с интенсивным размывом берегов. Экстремальные сгонно-нагонные колебания возникают при ветре со скоростью более 15 м/с, частота этих нагонов может достигать до 100 раз в год [Шнюков и др., 1994]. Нагоны зачастую охватывают всё море и приводят к разрушению берегов, прибрежной инфраструктуры и многочисленным жертвам среди населения.

Анализ многолетней динамики и повторяемости опасных (ОЯ) и неблагоприятных (НЯ) уровней моря за последние десятилетия свидетельствует

о тесной связи этих явлений с активизацией опасных экзогенных геологических процессов – абразией и оползнеобразованием.

Первые достоверные сведения о катастрофических нагонах относятся к периоду русско-турецких войн и связаны с донесениями генштабов русской армии. Наиболее серьезные последствия, связанные со штормовыми нагонами и сгонами, зафиксированы в 1739, 1831, 1843, 1877, 1914, 1969, 1983, 2007, 2013, 2014 гг. (табл. 1, 2).

Таблица 1. Статистика катастрофических наводнений в Азовском море XVIII–XIX вв. [Шнюков и др., 1994; Дьяков, Фомин, 2002; Доценко, Иванов, 2010; Матишов, Бердников, 2015; Фомин и др., 2015; Рязанцев, Монин, 2017]

Дата / год	Район	Ветер (направление, скорость)	Подъем уровня, см	Последствия
27.09–02.10.1739	Азов – Ачуево	западный	200	1 октября турецкие форпосты Ачуево, Темрюк и Тамань были осаждены русскими войсками генерала Дебрилли. Вдруг Азовское море покатило свои волны на русские позиции вокруг Ачуево. Войска вынуждены были отступить.
10.11.1770	Таганрог	западный-юго-западный	более 300	Морская стихия обрушилась на вновь создаваемую базу российского флота на Азовском море – Таганрог. Всю гавань до основания разнесло, по казармам, землянкам ходил мор, хлестала людей лихоманка (лихорадка).
31.01.1801	Кучугур – Ачуев	северо-западный	100	Разорило рыбоводные заводы.
1831	Ейская коса	ветры западных румбов	нд*	Нанесен ущерб казачьим хуторам и рыбным заводам на Ейской косе. Походная церковь св. Троицы, находящая на косе, водой была размыта до основания.
ноябрь 1881	Ейск – Кагальник	юго-западный	420	При сильной буре море выступило около устья р. Дон с таким стремлением, что в 12 верстах от берега у деревни Кагальник вода поднялась на 14 футов (4,2 м).
17.02.1882	Ачуевская коса – Темрюк	юго-западный	выше нормы на 210	Уничтожен 31 рыбзавод, утонуло 30 человек. Общий ущерб – 45 000 руб.

Таблица 2. Статистика катастрофических наводнений в Азовском море XX–XXI вв. [Шнюков и др., 1994; Дьяков, Фомин, 2002; Доценко, Иванов, 2010; Матишов, Бердников, 2015; Фомин и др., 2015; Рязанцев, Монин, 2017]

Дата / год	Район	Ветер (направление, скорость)	Подъем уровня, см	Последствия
1	*2*	*3*	*4*	*5*
28.02.1914	Все юго-восточное побережье	северный 28 м/с	430	Вода залила весь берег моря от Ейска до Керченского пролива. Города Темрюк и Ейск были частично разрушены волнами. Погибло около 3000 человек.
25.10.1948	Должанская	западный, 30 м/с	более 200	Разрушены постройки.
28.02.1949	Мариуполь	юго-западный, 20 м/с	нд	Разрушены береговые постройки.
21–30.10.1954	Геническ	восточный, 20–24 м/с	нд	Затоплен рыбзавод, размыта железная дорога.
12.12.1955	Приморско-Ахтарск	западный, 24 м/с	200	Затоплена часть порта.
29.10.1962	Ейск	северо-западный, 35 м/с	нд	Разрушение построек, гибель скота.
30.01–4.02.1962	Геническ	восточный, 28 м/	236	Вода поднялась до уровня жилых домов, повредила железнодорожную сеть.
28–29.10.1969	Ейск – Темрюк	северо-западный, 35 м/с	400	Уничтожены рыбацкие поселки Чайкино, Вербеная, Перекопка, Ачуево, разрушены Темрюкский морской порт, судоремонтный завод, консервный завод, рыболовецкие станы, курорты станицы Голубицкой.
1970, май 1983, 2007	коса Долгая	нд	нд	Смыты рыбацкие домики, их нашли на противоположном берегу.
11.11.2007	акватория Керченского пролива	юго-западный, 35 м/с	нд	Несколько судов потерпели крушение, разлив нефтепродуктов, 19 человек погибло.
25.03.2013	Ейск, Азов, Таганрог	западный, 15–20 м/с	нд	Подтопление домов, разрушены береговые сооружения.

Окончание табл. 2

1	*2*	*3*	*4*	*5*
24.09.2014	вся акватория Азовского моря	юго-западный, 40 м/с	выше ОЯ на всех ГМС (УПЯ)	Затоплены жилые дома, размыты пляжи, разрушена прибрежная инфраструктура на Восточном побережье, в Таганрогском заливе и дельте Дона.

* Примечание: нд – нет данных.

Материалы и методы

Для оценки состояния уровня Азовского моря в современный период были обработаны данные наблюдений на морской береговой сети Азовского моря за период 1923–2016 гг. (рис. 1). Использовались стандартные методы обработки гидрометеорологической информации. Интенсивность проявления опасных экзогенных геологических процессов изучалась на основе материалов многолетних мониторинговых наблюдения на реперной сети кафедры океанологии Южного федерального университета, начиная с 1980 г.

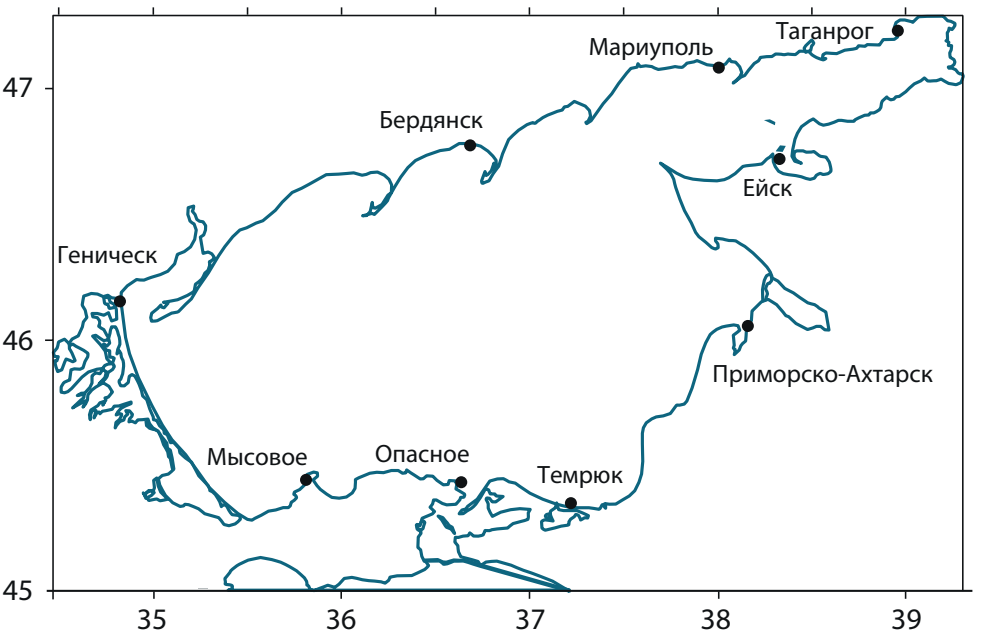

Рис. 1. Расположение гидрометеопостов (ГМС) в Азовском море (1923–2016 гг.)

Результаты

Колебания уровня Азовского моря вызываются многими факторами, действующими одновременно. Можно выделить два основных вида колебаний

уровня – объемные многолетние и денивеляционные (сгонно-нагонные и сейшевые). Объемные колебания зависят от соотношения элементов водного баланса, их амплитуда не превышает 2,5–3,0 м [Гидрометеорологический справочник … 1962] (табл. 3).

Максимальный подъем уровня, до 140 см, могут обеспечивать речной сток 38 км^3/год и приток воды из Чёрного моря, в том же объеме. За счет атмосферных осадков уровень может повышаться на 55 см. Из расходных элементов водного баланса, способствующих понижению уровня Азовского моря, следует отметить отток воды в Чёрное моря в объеме 77 км^3/год (−185 см), а также испарение с поверхности моря в объеме 38 км^3/год (−103 см). Объемные колебания происходят постепенно и не вызывают катастрофических последствий [Жиляев, 1972].

В многолетних колебаниях уровня моря отмечается постоянный рост уровня моря. Так, средний уровень Азовского моря, вычисленный за 1923–1972 гг. по данным 8 уровенных постов (Керчь, Мысовое, Геническ, Таганрог, Ейск, Приморско-Ахтарск, Темрюк, Тамань) с учетом площадей, режим которых они характеризуют, равен 470 см [Жиляев, 1972]. В период 1977–2002 гг. уровень Азовского моря поднялся до отметок 482 см, а в 2003–2016 гг. до 486 см. За 94-летний период наблюдений средний годовой уровень повысился на 17 см, то есть подъем достигал в среднем 0,18 см/год. Максимальное значение среднегодового уровня зафиксировано в 2010 г. – 497 см, а минимальное в 1925 г. – 439 см, то есть амплитуда межгодовых колебаний уровня достигала за исследуемый период 58 см.

В многолетнем ходе отмечается постоянный рост уровня моря. Так, средний уровень Азовского моря, вычисленный за 1923–1972 гг. по данным 8 уровенных постов (Керчь, Мысовое, Геническ, Таганрог, Ейск, Приморско-Ахтарск, Темрюк, Тамань), равен 470 см (БС) [Жиляев, 1972] (рис. 1).

Размах сгонно-нагонных колебаний значительно превышает объемные изменения уровня (табл. 3).

В период 1977–2002 гг. уровень Азовского моря поднялся до отметок 482 см, а в 2003–2016 гг. до 486 см по всем ГМС. За 94-летний период наблюдений средний годовой уровень повысился на 17 см, т.е. подъем достигал в среднем 0,18 см/год. Максимальное значение среднегодового уровня зафиксировано в 2010 г. – 497 см, а минимальное – 439 см в 1925 г., т.е. амплитуда межгодовых колебаний уровня достигала за исследуемый период 58 см.

Полученные результаты сопоставимы с данными об изменениях уровня Мирового океана и Чёрного моря. По оценкам межправительственной группы экспертов по изменению климата, интенсивность повышения уровня Мирового океана за последние 100 лет равнялась в среднем 0,17 см/год, а скорость подъема уровня Чёрного моря за такой же период составляла 0,16–0,18 см/год [Горячкин, Иванов, 2006; Адрианова, 2012].

В последние десятилетия наблюдается увеличение темпов роста уровня Азовского моря, что обусловлено климатическими изменениями. Так,

в Таганрогском заливе, начиная с 1977 г., уровень повышался в Таганроге со скоростью 0,47 см/год, в Ейске – со скоростью 0,44 см/год. Для центральной части моря темпы роста уровня в Приморско-Ахтарске составили 0,36 см/год, в Темрюке – 0,61 см/год, в Тамани с 2003 по 2015 г. скорость подъема уровня достигала 0,82 см/год (рис. 2).

Таблица 3. Размах сгонно-нагонных колебаний уровня Азовского моря, см

ГМС	max	Дата	min	Дата	Размах колебаний за 2003–2014 / 1923–2016 гг.
Таганрог	839	IX.2014	193	XII.2009	646/738
Ейск	656	IX.2014	323	I.2008	333/438
Должанская	755	IX.2014	350	I.2008	435/435
Приморско-Ахтарск	635	II.2011	195	III.2011	440/443
Темрюк	605	I.2006	414	X.2003	191/446
Тамань	549	II.2010	458	I.2012	91/94

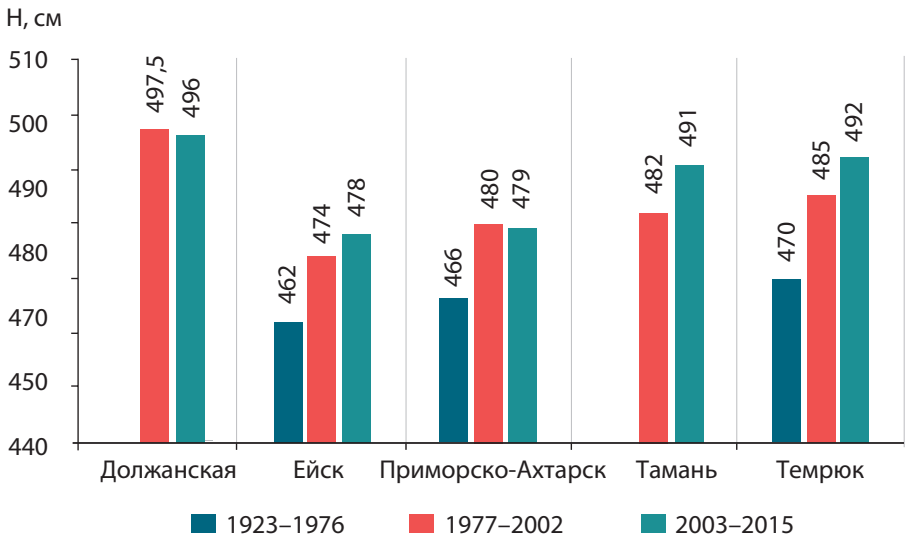

Рис. 2. Многолетние изменения уровня Азовского моря [Bespalova et al., 2017]

На фоне постепенного повышения уровня в Азовском море наблюдаются сильные сгонно-нагонные колебания. На Азовском море экстремальные уровни формируются под воздействием штормовых ветров более 15 м/с, повторяемость которых составляет примерно 6–10 % в год. Для оценки повторяемости

экстремальных уровней выбраны случаи изменений уровня, которые выходят за пределы критических отметок неблагоприятного явления (НЯ) и опасного явления (ОЯ) за период 1991–2016 гг. (табл. 4).

За период 1991–2016 гг. в прибрежной зоне моря наблюдалось 216 случаев экстремальных колебаний уровня (табл. 5) [Bespalova et al., 2017].

Таблица 4. Отметки критических (НЯ и ОЯ) уровней по ГМС Азовского моря, см

ГМС	Явление	Критерий подачи штормовых телеграмм	Отметка	
			НЯ	ОЯ
Таганрог	нагон	640	670	705
	сгон	300	280	200
Ейск	нагон	570	580	600
	сгон	300	290	270
Должанская	нагон	580	600	700
	сгон	370	350	320
Темрюк	нагон	580	600	700
	сгон	400	390	380
Тамань	нагон	600	620	700
	сгон	460	450	400

Таблица 5. Повторяемость экстремальных (НЯ и ОЯ) уровней Азовского моря за период 1991–2014 гг. [Bespalova et al., 2017]

№	ГМС	Нагон				Сгон				Сумма НЯ и ОЯ уровней
		НЯ		ОЯ		НЯ		ОЯ		
		ч.с.*	%	ч.с.	%	ч.с.	%	ч.с.	%	ч.с.
1	Таганрог	5	9,0	2	3,6	25	45,0	23	42	55
2	Ейск	13	61,9	6	29,0	2	9,5	0	0	21
3	Должанская	15	65,2	7	30,4	1	4,3	0	0	23
4	Приморско-Ахтарск	30	50,8	16	27,1	10	17,0	3	5	59
5	Темрюк	33	56,9	22	37,9	3	5,2	0	0	58
6	Азовское море	96	44,4	53	24,5	41	19,0	26	12	216

* Примечание: ч.с. – число случаев.

Количество неблагоприятных явлений (НЯ) и опасных явлений (ОЯ) нагонов (149 случаев – 69 %) преобладало над сгонами (67 случаев – 31 %). В среднем для моря число опасных и неблагоприятных явлений составляет 9–10 случаев

в год. На восточном побережье Азовского моря (ГМС Приморско-Ахтарск) зафиксировано наибольшее число случаев стояния уровня на отметках НЯ и ОЯ – 59 случаев за период 1991–2016 гг., на южном – в Темрюке – 58 случаев. Более 70 % экстремальных уровней связаны с нагонами. Напротив, на северном побережье в Таганрогском заливе из 55 случаев аномальных уровней 90 % – сгоны.

Поэтому к опасным природным явлениям, характерным для моря, относятся и опасные экзогенные геологические процессы, такие как абразия и оползнеобразование [Матишов и др., 2016]. Анализ многолетних режимных наблюдений за абразией на реперной сети показал, что развитию и активизации этих процессов способствуют штормовые нагоны (рис. 3, 4).

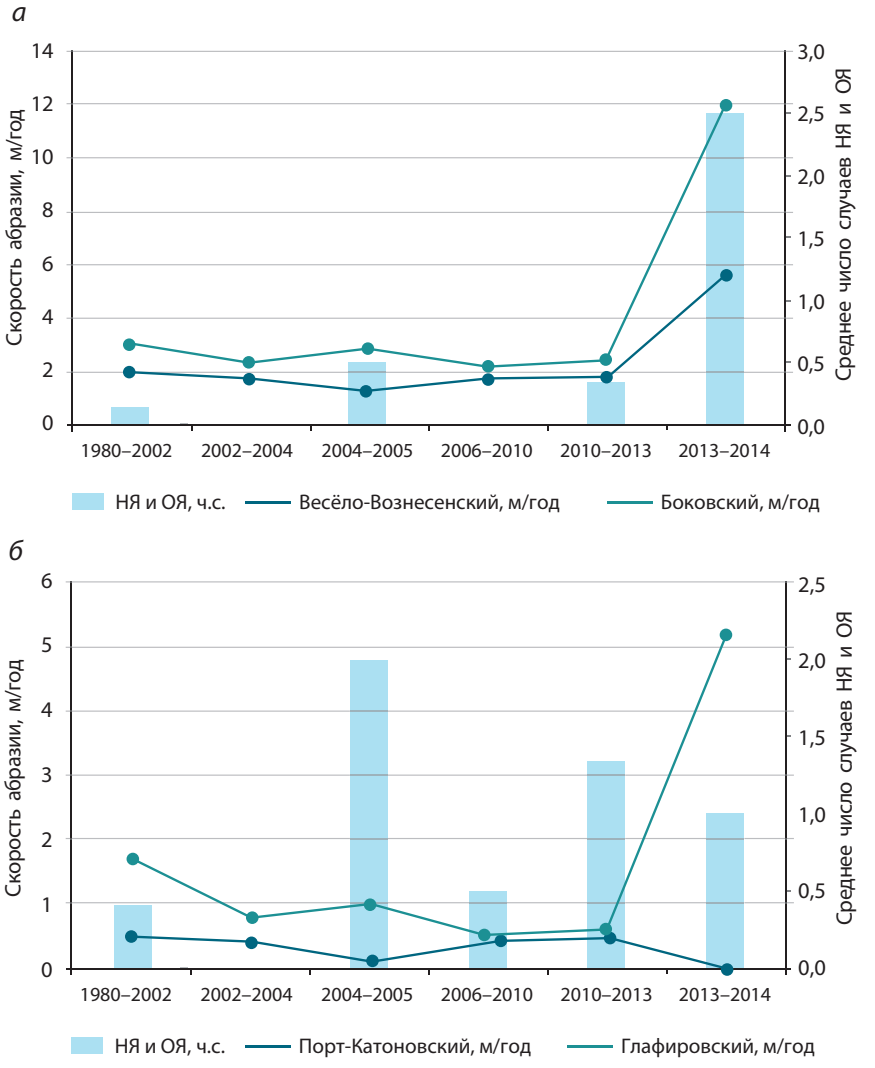

Рис. 3. Динамика повторяемости экстремальных нагонов и скоростей абразии на северном (*а*) и южном (*б*) побережье Таганрогского залива по периодам

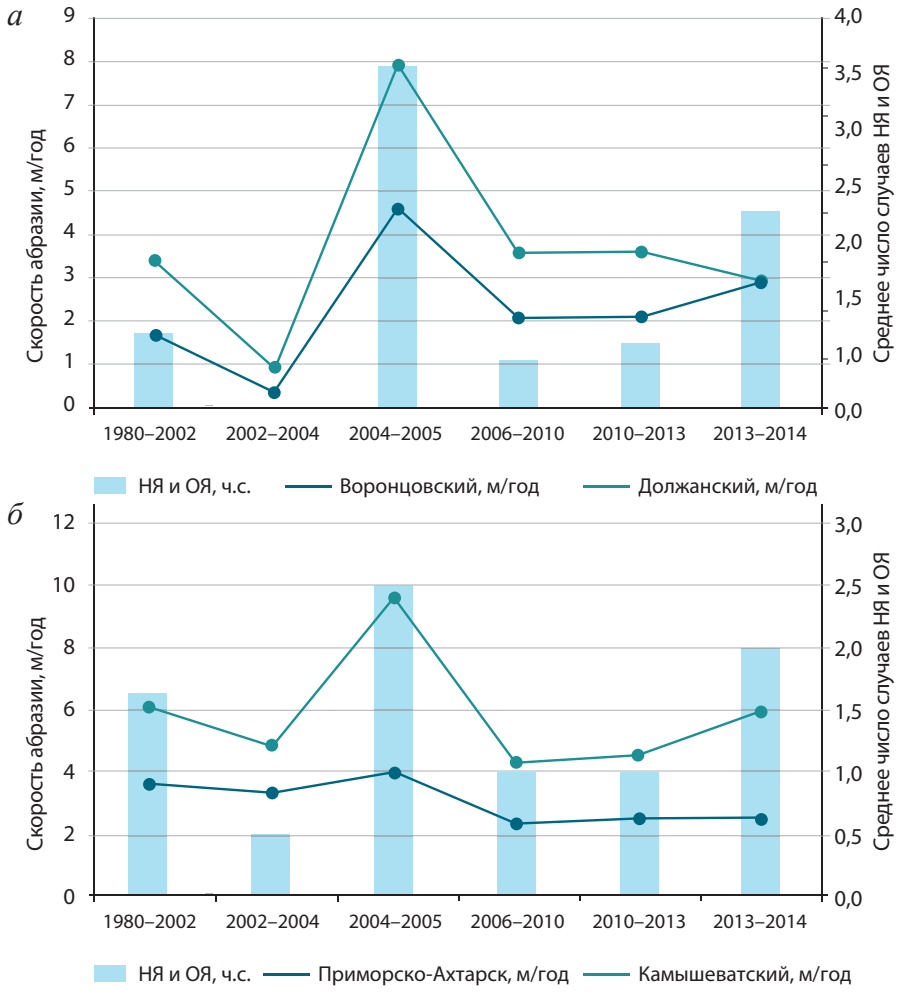

Рис. 4. Динамика повторяемости нагонов и скоростей абразии на северо-восточном (*а*) и восточном (*б*) побережье Азовского моря по периодам

Обсуждение

Имеющийся ряд наблюдений позволил выявить циклы активизации и стабилизации абразионно-оползневых процессов и нагонных повышений уровня. Периоды 1980–2002 гг. и 2006–2010 гг. характеризовались стабилизацией процесса абразии, средние скорости в это время не превышали 1 м/год, периоды 2004–2006 гг. и 2010–2014 гг. отличаются интенсификацией этих процессов, что связано с увеличением частоты штормовых нагонов с западной составляющей.

Особенно высокие скорости разрушения берегов (в среднем по морю более 2 м/год, максимум более 6 м/год) зафиксированы в период 2013–2014 гг., что обусловлено увеличением повторяемости нагонных ветров и волнений и катастрофическими подъемами уровня, ярким примером этому является на-

гон 24.09.2014 г. Данное нагонное явление является историческим с максимальной отметкой, которая стала абсолютной в ряду наблюдений 1881–2014 гг. [Матишов и др., 2016; Ивлиева и др., 2017]. Нагон проявился на всех азовских берегах и привел к затоплению кос Должанской, Ейской, Чумбурской, Очаковской и разрушению прибрежных строений (рис. 5).

Выводы

Проведенные исследования показали, что современный период характеризуется:

– повышением уровня Азовского моря для всех ГМС и увеличением темпов роста уровня в современный период;

– высокой частотой проявления экстремальных уровней в ряду сгонно-нагонных колебаний, в целом для моря до 10 случаев в год;

– синхронной цикличностью в проявлении опасных нагонных колебаний уровня и интенсификации абразионно-оползневых процессов на берегах [Матишов и др., 2016; Ивлиева и др., 2017].

а *б*

Рис. 5. Последствия штормового нагона 24 сентября 2014 г. на аккумулятивных берегах: а) Павло-Очаковская коса; б) Коса Долгая – б/о «Адмиральский причал»

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 18-05-80082 «Опасные явления» по теме «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Адрианова О.Р. Сравнительный анализ тенденций изменения уровня на побережьях Атлантического океана, Средиземного и Чёрного морей // Вісник Одеського Національного університету / Географічні та геологічні науки. 2012. Т. 17. № 3(16). С. 48–60.

Гидрометеорологический справочник Азовского моря / Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Упр. гидрометеорол. службы УССР. Гидроме-

теорол. обсерватория Черного и Азовского морей; под ред. А.А. Аксенова. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1962. 856 с.

Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Уровень Чёрного моря: прошлое, настоящее и будущее. Севастополь: Гидрофизический институт, 2006. 210 с.

Доценко С.Ф., Иванов В.А. Природные катастрофы Азово-Черноморского региона. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. 174 с.

Дьяков Н.Н., Фомин В.В. Синоптические условия возникновения аномальных колебаний уровня Азовского моря // Наукові праці УкрНДГІ. 2002. Вып. 250. 10 с. URL: http://uhmi.org.ua/pub/np/250/28_Djakov.pdf (дата обращения: 30.01.2017).

Жиляев А.П. Расчет колебаний уровня Азовского моря // Океанология. 1972. Т. 12. Вып. 1. С. 49–56.

Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Мысливец В.И., Шипилова Л.М. Прогноз развития северного берега Таганрогского залива Азовского моря // Вестн. Московского ун-та. 2017. Сер. 5. География. № 6. С. 71–77.

Матишов Г.Г., Бердников С.В. Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г. // Известия РАН. Сер. географическая. 2015. № 1. С. 111–118. URL: http://dx.doi.org/10.15356/0373-2444-2015-1-111-118 (дата обращения: 20.02.2020).

Матишов Г.Г., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Цыганкова А.Е., Кропянко Л.В. Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // Доклады Академии наук. 2016. Т. 471. № 4: 483-486. DOI: 10.7868/S086956521634020X.

Рязанцев Г., Монин В. Миницунами на Азовском море // Наука и жизнь. 2017. № 11. С. 42–43.

Фомин В.В., Лазоренко Д.И., Алексеев Д.В. и др. Штормовые нагоны в Таганрогском заливе и затопление дельты Дона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2015. № 1. С. 74–82.

Шнюков Е.Ф., Митин Л.И., Цемко В.П. Катастрофы в Чёрном море. Киев, Манускрипт, 1994. 296 с.

Bespalova L.A., Ivlieva O.V., Bespalova E.V., Kazachkova E.M. Extreme levels of the Sea of Azov // 17th Int. Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM. Vol. 17. Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems. Iss. 31. Hydrology and Water Resources, Marine and Ocean Ecosystems (29 June – 5 July). Albena, Bulgaria. P. 863–869.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Беспалова Людмила Александровна, д.г.н., проф. ЮФУ; bespalowaliudmila@yandex.ru

Цыганкова Алла Евгеньевна, к.г.н., доцент ЮФУ; ЮНЦ РАН; aetsygankova@yandex.ru

Беспалова Елена Владимировна, к.г.н., проф. ЮФУ

Мисиров Самир Айдынович, аспирант ЮФУ, м.н.с. ЮНЦ РАН; sam.misirov@gmail.com