

География

УДК 502.171

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СГОННО-НАГОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ
УРОВНЯ АЗОВСКОГО МОРЯ

О. В. ИВЛИЕВА^{1*}, Л. А. БЕСПАЛОВА^{2**}

¹ Институт туризма, сервиса и креативных индустрий,
Южный федеральный университет (ИТСКИ ЮФУ),
Ростов-на-Дону, Россия

² Кафедра океанологии, Южный федеральный университет (ЮФУ);
Российский научно-исследовательский институт комплексного
использования и охраны водных ресурсов (ФГБУ РосНИИВХ),
Ростов-на-Дону, Россия

Штормовые сгонно-нагонные явления – одни из самых опасных природных процессов, наблюдавшихся в прибрежной зоне моря. Опасные экстремальные сгонно-нагонные колебания уровня наблюдаются при скорости ветра более 15 м/с. Азовское море в последние сто лет имеет постоянный рост своего уровня. За период 1991–2016 гг. в прибрежной зоне моря наблюдалось 216 случаев экстремальных колебаний уровня. Подъем уровня составил в среднем 0,18 см/год за исследуемый период. Это вызывает значительные разрушения берегов Азовского моря, абразия берегов достигает до 6 м/год.

<https://doi.org/10.46991/PYSUC.2025.59.2.306>

Keywords: storm surges, spurs, abrasion, landslides, level fluctuations, waves.

Введение. Азовское море является одним из самых мелководных морей Мирового океана. Оно обладает уникальной самой высокой в мире биопродуктивностью. Неспроста древние греки называли это море “Меотидой”, что переводится как “кормилица”. Мелководность моря предопределила формирование целого ряда опасных гидрологических процессов: штормов, колебания уровня, волновых процессов.

Штормовые нагоны и сгоны – одно из самых опасных природных процессов, наблюдавшихся в прибрежной зоне моря. С этим явлением связаны активные эзогенные геологические процессы, а именно – абразия берегов. Скорость разрушения берегов на отдельных участках восточного побережья достигает в районе окрестностей г. Приморско-Ахтарск и станицы Должанской до 3–5 м/год. Опасные экстремальные сгонно-нагонные колебания уровня, как правило, возникают на побережье Азовского моря при очень высокой скорости ветра, составляющей более 15 м/с. Повторяемость ветров такой

* E-mail: ivlieva.o@mail.ru

** E-mail: bespalowaliudmila@yandex.ru

скорости может достигать до 100 раз в год. Экстремальные нагоны очень часто охватывают все восточное и северное побережье моря. Это приводит к разрушению инфраструктуры на побережье, разрушению строений, потере больших площадей сельскохозяйственных угодий и даже к жертвам среди населения.

Целью исследований явилась оценка изменения уровня Азовского моря по имеющимся данным за период 1923–2016 гг. по всем гидрометеорологическим станциям (ГМС) побережья: Темрюк, Приморско-Ахтарск, Ейск, Таганрог. Новым и оригинальным является расчет повышения уровня моря, увеличения повторяемости опасных экстремальных сгонно-нагонных колебаний уровня за исследуемый период, а также установление их связи с экстремальными скоростями абразии на побережье.

Материалы и методы исследования. Многолетняя динамика повторяемости опасных явлений и неблагоприятных для побережья уровней моря за последние пятьдесят лет говорит о тесной связи активизации опасных экзогенных геологических процессов (абразия, оползни) с экстремальными уровнями. Интенсивность проявления опасных экзогенных геологических процессов изучалась на основе материалов многолетних мониторинговых наблюдений по реперной сети вдоль побережья моря (100 пунктов наблюдений), которые выполнялись Ростовским государственным университетом и в последствие Южным федеральным университетом (ЮФУ) с пятидесятых годов прошлого века.

Анализ литературных источников показал, что наиболее серьезные последствия на побережье, связанные со штормовыми нагонами и сгонами были зафиксированы в 1739, 1831, 1843, 1877, 1914, 1969, 1983, 2007, 2013, 2014 гг. [1].

Для оценки состояния уровня Азовского моря в современный период были обработаны данные наблюдений на морской береговой сети Азовского моря за период 1991–2016 гг. Для оценки повторяемости экстремальных уровней выбраны случаи изменений уровня, которые выходят за пределы критических отметок неблагоприятных и опасных явлений в указанный период.

Результаты исследований и их обсуждение. В пределах Азовского моря можно выделить два основных вида колебаний уровня – объемные многолетние и денивеляционные (сгонно-нагонные и сейшевые). Объемные колебания уровня моря зависят от соотношения элементов водного баланса. Амплитуда объемных колебаний уровня моря не превышает 2,5–3,0 м.

Азовское море имеет в последние сто лет постоянный рост своего уровня. Средний уровень Азовского моря за период 1923–1972 гг. составил 470 см. Расчет производился по данным 8-уровневых постов: Керчь, Мысовое, Геническ, Таганрог, Ейск, Приморско-Ахтарск, Темрюк, Тамань. При расчетах учитывались площади территорий, режим которых они характеризуют. В период 1977–2002 гг. уровень Азовского моря поднялся до отметок 482 см, а в 2003–2016 гг. – до 486 см. Таким образом, 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 (см. таблицу).

Размах сгонно-нагонных колебаний уровня Азовского моря [1]

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

Полученные результаты были сопоставлены с данными изменений уровня Мирового океана и Черного моря. Согласно мнению межправительственной группы экспертов по изменению климата, интенсивность повышения уровня Мирового океана составляла за последние 100 лет в среднем 0,17 см/год. Скорость подъема уровня Черного моря за 100 лет достигала 0,16–0,18 см/год.

В последние десятилетия наблюдается увеличение темпов роста уровня Азовского моря, что обусловлено климатическими изменениями, в частности увеличением повторяемости ветров западной составляющей и количества атмосферных осадков в зимний период времени на 50 мм. Например, в Таганрогском заливе начиная с 1977 г. уровень повышался ежегодно в Таганроге на 0,47 см/год, в Ейске – 0,44 см/год. Уровень на остальных пунктах побережья Азовского моря имел такие же тенденции. Так, темпы роста уровня в Приморско-Ахтарске составили 0,36 см/год, в Темрюке – 0,61 см/год, в Тамани с 2003 по 2015 гг. скорость подъема уровня достигала максимальных значений – 0,82 см/год [1, 2].

В последние десятилетия помимо постоянного повышения уровня в Азовском море наблюдаются сильные сгонно-нагонные колебания уровня. Экстремальные уровни на побережье Азовского моря формируются под воздействием штормовых ветров более 15 м/с, повторяемость которых составляет от 6 до 10% ежегодно и связано с повторяемостью восточных, северо-восточных и юго-западных ветров (см. таблицу).

Для оценки повторяемости экстремальных уровней были выбраны случаи изменений уровня, которые выходят за пределы критических отметок неблагоприятных и опасных явлений за период 1991–2016 гг. В этот период в прибрежной зоне моря наблюдалось 216 случаев экстремальных колебаний уровня. Связанное с этим количество неблагоприятных и опасных явлений в виде нагонов составило 149 случаев, что составило 69%, повторяемость сгонов в течение года – 67 случаев (31%). В среднем на побережье моря число опасных и неблагоприятных явлений составляет 9–10 случаев в год.

Восточное побережье Азовского моря в наибольшей степени страдает от экстремальных уровней, связанных с нагонами. Так, на ГМС “Приморско-Ахтарск” зафиксировано наибольшее число случаев стояния уровня на отметках неблагоприятных и опасных явлений. За период 1991–2016 гг. в ГМС “Приморско-Ахтарске” зафиксировано 59 случаев, в “Темрюке” – 58 случаев. Как правило на восточном побережье большинство (70%) экстремальных уровней связано с нагонами. На северном побережье Таганрогского залива из 55 случаев аномальных уровней напротив преобладают сгоны (90%) [2].

Опасные экзогенные геологические процессы, такие как абразия и образование оползней, как правило связаны с нагонными повышениями уровня. Побережье Азовского моря почти на 70% сложено легкоразмываемыми суглинками и глинами, что предопределило их активное разрушение в результате сильных штормов и экстремальных нагонов. ЮФУ ведет наблюдения за абразией побережья на реперной сети. Анализ многолетних режимных наблюдений показал, что развитию и активизации этих процессов способствуют в первую очередь штормовые нагоны.

Имеющийся ряд наблюдений позволил выявить циклы активизации и стабилизации абразионно-оползневых процессов, связать их с нагонными повышениями уровня. Некоторые периоды, такие как 1980–2002 гг. и 2006–2010 гг., характеризовались стабилизацией процесса абразии – средние скорости абразии не превышали 1 м/год, в периоды 2004–2006 гг. и 2010–2014 гг. наблюдалась интенсификация абразии. Анализ ветровой ситуации показал, что резкое увеличение скорости абразии в отдельные периоды связано с увеличением частоты штормовых нагонов с западной составляющей.

Увеличение повторяемости нагонных ветров и волнений, связанные с ними катастрофические подъемы уровня вызывают значительные разрушения берегов. Особенно высокие скорости разрушения берегов, более 6 м/год, были зафиксированы за 2013–2014 гг. Это было связано с нагоном 24.09.2014. Данное нагонное явление является историческим с максимальными отметками по всему морю. Отметки подъема уровня на всех постах абсолютными в ряду наблюдений 1881–2014 гг., но особенно высокими были на восточном побережье Азовского моря [3, 4]. Экстремальный нагон проявился по всему побережью и привел к затоплению кос восточного побережья: Должанской, Ейской, Чумбурской, Очаковской. Это вызвало значительное разрушение строений на побережье: баз отдыха, берегозащитных сооружений, уменьшение ширины пляжей.

Заключение. Сгонно-нагонные колебания уровня в Азовском море вызывают изменение глубин бассейна, переменное смачивание пород береговых обрывов, что способствует активизации оползневых процессов и абразии. Вдольбереговые течения, сопровождающие волнения, и течения, возникающие в зоне забуренивания волн, обладают высокими скоростями и играют большую роль в разрушении отмелых берегов Азовского моря. 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 проявления опасных нагонных колебаний уровня и интенсификацией абразионно-оползневых процессов в северо-восточной части моря и юго-западной части Таганрогского залива.

Поступила 26.01.2025

Получена с рецензией 14.03.2025

Утверждена 15.08.2025

ЛИТЕРАТУРА

- Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е. и др. Штормовые нагоны в Азовском море и их влияние на абразионные процессы. *Труды Южного научного центра РАН. Т. VIII: Моделирование и анализ опасных природных явлений в Азовском регионе*. Ростов-на-Дону, Изд-во ЮНЦ РАН (2020), 111–121.
- Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е. и др. Опасные штормовые нагоны и разрушение берегов Азовского моря. *Наука Юга России* **15** (2019), 29–38.
- Ивлиева О.В., Беспалова Л.А. Морские берега Ростовской области и проблемы берего-защиты. *Моря России: Год науки и технологий в РФ. Десятилетие наук об океане ООН: Матер. докл. Всероссийской науч. конф., г. Севастополь, 20–24.09.2021 г.* Севастополь, сФГБУН ФИЦ МГИ (2021), 506.
- Ивлиева О.В., Беспалова Л.А. и др. Прогноз развития северного берега Таганрогского залива Азовского моря. *Вестник московского университета. Серия 5. География* **6** (2017), 71–77.

О. В. ԻՎԼԻԵՎԱ, Л. А. ԲԵՍՊԱԼՈՎԱ

**ԱԶՈՎ ԾՈՎԻ ՄԱԿԱՐԴԱԿԻ ԷՔՍՏՐԵՄԱԼ
ԱԼԻՔԱՅԻՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ**

Ամփոփում

Փոթորիկները ծովի ափամերձ գոտում նկատվող ամենավտանգավոր բնական զործքներից են: Ծովի մակարդակի ծայրահեղ վտանգավոր տատանումներ նկատվում են 15 մ/վրկ-ից ավելի քամու արագության դեպքում: Վերջին հարյուր տարվա ընթացքում նկատվում է Ազովի ծովի մակարդակի կայուն աճ: Ծովի մակարդակի բարձրացումը միջինը կազմել է 0,18 սմ/տարի: Ազովի ծովի ափամերձ գոտում՝ 1991–2016 թթ. ընթացքում դիտվել է մակարդակի ծայրահեղ տատանումների 216 դեպք: Ծովի մակարդակի բարձրացումը հանգեցնում է ափի քայլայում՝ մինչև 6 մ/տարի:

O. V. IVLIEVA, L. A. BESPALOVA

EXTREME SURGE FLUCTUATIONS OF THE SEA OF AZOV LEVEL

Summary

Storm surge phenomena are one of the most dangerous natural processes observed in the coastal zone of the sea. Dangerous extreme surge level fluctuations are observed at a wind speed of more than 15 m/s. The Sea of Azov has had a constant increase in its level over the past hundred years. During the period 1991–2016 216 cases of extreme level fluctuations were observed in the coastal zone of the sea. The level rise averaged 0.18 cm/year over the study period. Level rises cause significant destruction of the shores of the Sea of Azov, coastal abrasion reaches up to 6 m/year.