



Е. Е. Есюкова

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЕЖЕНЕДЕЛЬНОГО МОНИТОРИНГА
ПОБЕРЕЖЬЯ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА
В РАЙОНЕ ПОС. ПРИБРЕЖНЫЙ В 2011 – 2012 ГОДАХ**

Приводятся результаты регулярного (еженедельного) мониторинга побережья Вислинского залива в районе пос. Прибрежный (Калининградская область) в течение года. Проведенные на стационарных профилях измерения ширины пляжа, фотографирование, описание берега, расчет изменения относительного уровня Вислинского залива, а также анализ ветрового режима за период наблюдений позволили проследить динамику берега, оценить стабильность состояния пляжа и береговых откосов, степень влияния основного режимобразующего фактора – ветра.

This article offers the results of regular (weekly) monitoring of the coast of the Vistula Lagoon in the area of the village of Pribrezhnyy (the Kaliningrad region) throughout the year. The steady profile measurements of the beach width, photographing, coast description, the calculation of changes in the relative level of the Vistula Lagoon, and the analysis of the wind regime over the observation period made it possible to reveal the coast dynamics, assess the stability of the beach and coastal slope condition, as well as the influence of the main regime-forming factor – the wind.

Ключевые слова: Вислинский залив; мониторинг; динамика берега; береговая эрозия; волновой размыв.

Key words: Vistula Bay; monitoring; coast dynamics; coastal erosion; wave erosion.

Вислинский (Калининградский) залив – один из крупных прибрежных водоемов Юго-Восточной Балтики. Он давно стал объектом интенсивного изучения, и многочисленные научные работы освещают вопросы, касающиеся различных сторон гидрометеорологии, геологии, гидробиологии, геоморфологии залива [8]. Однако не уделялось должного внимания вопросам наблюдения за динамикой песчаных берегов залива. Интенсификация освоения побережья Вислинского залива в районах малых городов и поселений, необходимость развития рекреационных зон, разработка песчаных карьеров, активизация эрозионных процессов размыва берегов в условиях усиления штормовой активности вызвали необходимость оценить современное состояние берега в северо-восточной части залива в местах отдыха туристов и жителей г. Калининграда, его динамику, экологическую обстановку в течение года.

В северо-восточной части Вислинского залива в районе пос. Прибрежный (Калининградская область) был организован мониторинг наиболее посещаемого участка берега. На участке побережья залива длиной 700 м (рис. 1) были выбраны шесть стационарных реперов. Основной составляющей мониторинга стало измерение мерной лентой



ширины пляжа (поперек берега от уреза через пляж до репера). Выполнялось фотографирование, производился отбор биологического материала. Ширина пляжа измерялась с периодичностью раз в неделю, как правило с 12 до 14 часов по местному времени. За основу работ была принята методика берегового мониторинга последних лет, проводимого Атлантическим отделением Института океанологии РАН [1–3; 6]. Фотомониторинг — одна из составляющих частей общего комплексного мониторинга побережья [6]. Фотоматериалы регулярных наблюдений показывают фактическое состояние побережья, позволяют увидеть влияние на развитие берега волновых процессов и штормов, фиксировать этапы эрозии берега, воздействие на него антропогенного фактора, т.е. оценить влияние рельефообразующих процессов.

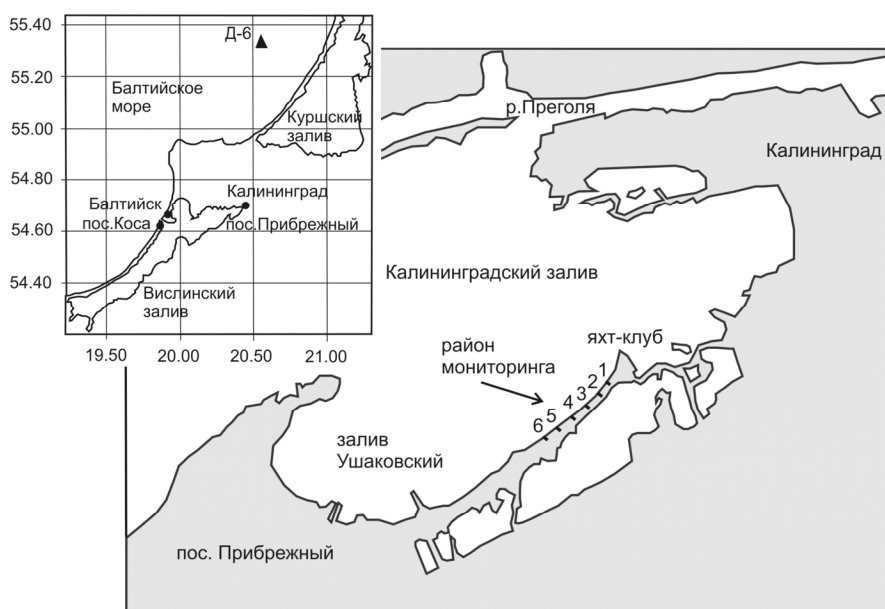


Рис. 1. Район мониторинга: цифрами обозначены положения стационарных профилей

В ходе регулярных наблюдений побережья Вислинского залива с марта 2011 по март 2012 г. получены оценочные данные динамики берега залива, проведен сравнительный анализ с привлечением наблюдений ветрового режима в юго-восточной части Балтийского моря.

В районе мониторинга у пос. Прибрежный (рис. 1) на стационарных профилях измерен уклон пляжа (с помощью комплекса приборов: уровень, мерная линейка, метр), который в среднем составляет $0,05 \pm 0,02$. За период наблюдений с 6.03.2011 г. по 10.03.2012 г. проведено 50 измерений ширины пляжа на 6 профилях с точностью до 0,5 м, зафиксирована максимальная ширина пляжа 19,0 м (12.03.2011 г.), минимальная — 0 м (во время шторма 14.01.2012 г.) (табл.). Внутригодовые изменения ширины пляжа на каждом профиле за период наблюдений представлены на рисунке 2, повторяемость значений ширины пляжа — на рисунке 3. По-

грешность для значений ширины пляжа ($L_{\text{сред}}$) рассчитана согласно методам обработки результатов наблюдений (для прямых измерений с многократными наблюдениями) [9]. Результаты наблюдений можно считать принадлежащими к нормальному распределению (отдельно для каждого профиля) (рис. 3). За результат измерения принято среднее арифметическое результатов наблюдений ($L_{\text{сред}}$), оценено среднее квадратическое отклонение результата измерения, вычислены доверительные границы случайной погрешности результата измерения. Для определения доверительных границ погрешности результата измерения доверительная вероятность P принята равной 0,95, при числе произведенных 50 измерений коэффициент Стьюдента принят равным 1,96 [9]. Результаты расчетов приведены в таблице.

Измерения позволили оценить максимальный относительный уровень залива при минимальной ширине пляжа (рис. 4) в районе наблюдений: $H/H_{\text{max}} = 0,9 \pm 0,3$ (полученные значения – оценочные).

Для всех измеренных значений ширины пляжа получены показатели относительного изменения уровня Вислинского залива по формуле:

$$H/H_{\text{max}} = 1 - L/L_{\text{max}},$$

где H/H_{max} – относительное изменение уровня залива (рис. 4).

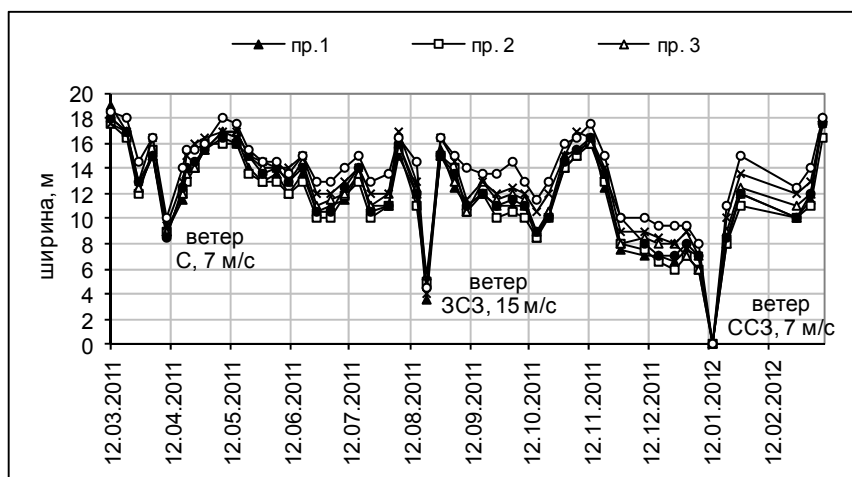


Рис. 2. Внутригодовые изменения ширины пляжа на каждом профиле за период наблюдений

**Результаты измерения ширины пляжа:
минимальные, максимальные, средние значения**

Показатель	Ширина пляжа, м					
	Профиль 1	Профиль 2	Профиль 3	Профиль 4	Профиль 5	Профиль 6
$L_{\text{мин}}$	0	0	0	0	0	0
$L_{\text{макс}}$	19,0	17,5	18,0	18,0	17,5	18,5
$L_{\text{сред}}$	$11,8 \pm 1,0$	$11,5 \pm 1,0$	$12,2 \pm 1,0$	$12,1 \pm 1,0$	$12,9 \pm 1,0$	$13,6 \pm 1,0$

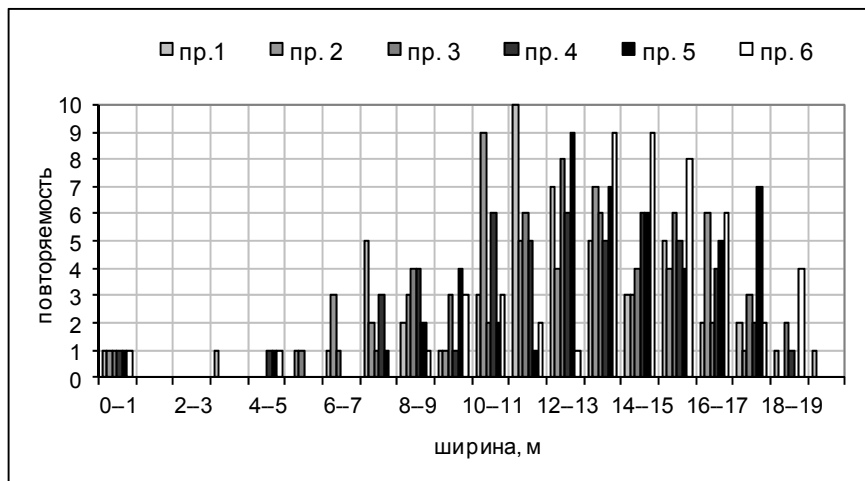


Рис. 3. Повторяемость ширины пляжа за период наблюдений

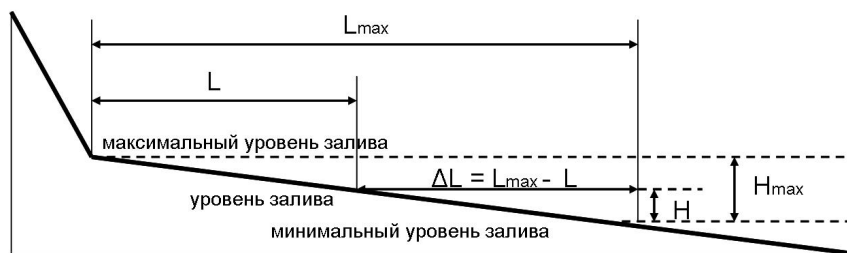


Рис. 4. Схема профиля берега:

L_{max} – максимальная ширина пляжа за период наблюдений (м); L – ширина пляжа (м); $\Delta L = L_{max} - L$ – изменение ширины пляжа (м); H_{max} – максимальный относительный уровень залива за период наблюдений (м); H – относительный уровень залива (м)

Регистрируемые подъемы и спады уровня залива являются в основном следствием влияния метеорологических условий, в которых основная роль принадлежит ветру [8; 10; 11]. В наблюдениях, производимых лишь один раз в неделю, при измерении ширины пляжа (и, соответственно, изменении уровня залива) могли быть пропущены пиковые моменты, но тем не менее годовой ряд систематических еженедельных измерений дает возможность получить некоторые оценки динамики уровня Вислинского залива в районе наблюдений.

Для оценки ветрового режима в юго-восточной части Балтийского моря в период с 1.03.2011 г. по 10.03.2012 г. использованы архивы погоды для г. Балтийска (<http://rp5.ru>): ежесуточные данные направления и модуля скорости ветра с шагом 3 часа для всего периода наблюдений. Средняя скорость ветра за рассматриваемый период $4,5 \pm 0,3$ м/с (расчет случайной погрешности проведен согласно [9]). Анализ гистограммы повторяемости значения модуля скорости ветра (рис. 5) показал, что преобладали ветра со скоростями 1–4 м/с (59%), ветра со скоростями больше 10 м/с отмечены в 8% случаев, сильные ветра (больше 15 м/с)



– в 0,5 % случаев. Распределение по направлениям ветра (рис. 6) показало, что преобладающими были ветра преимущественно западных и южных направлений (ЮЗ – 10 %, ЗСЗ – 10 %, ЮЮЗ – 8,3 %, СЗ – 7,7 %, З – 7,6 %, ЗЮЗ – 7,4 %, ЮВ – 7,3 %). Самые сильные шторма наблюдались 20.08.2011 г. (11–17 м/с, ЗСЗ), 26–29.11.2011 г. (10–22 м/с, ЮЗ, ЗЮЗ, З, ЗСЗ), 11–14.02.2012 г. (7–15 м/с, СЗ, ССЗ, С, ССВ), 23–25.02.2012 г. (8–17 м/с, ЮЗ, ЗЮЗ, З, ЗСЗ) с порывами ветра до 28–37 м/с. Порывы ветра не отражены на графиках.

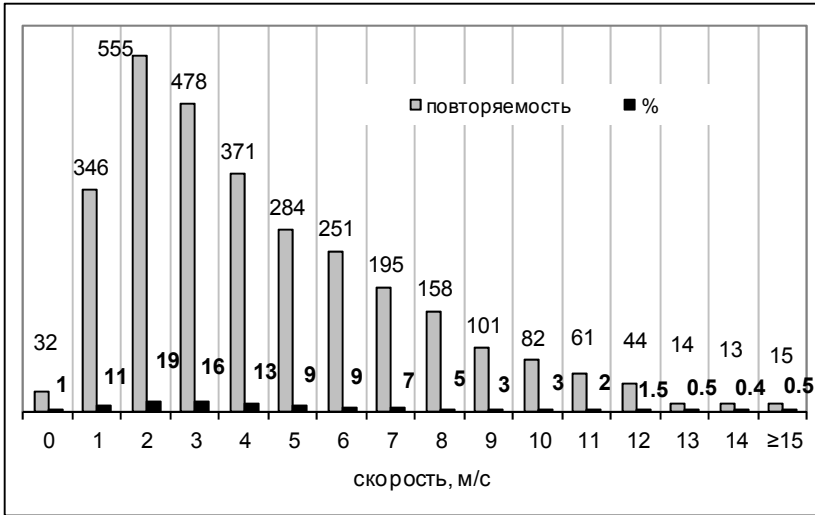


Рис. 5. Гистограмма повторяемости значения модуля скорости ветра (м/с) с 01.03.2011 г. по 10.03.2012 г. (<http://rp5.ru>, г. Балтийск)

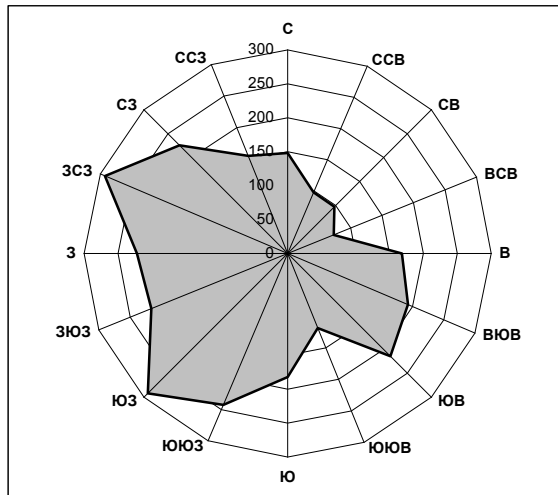


Рис. 6. Повторяемость различных направлений ветра с 01.03.2011 г. по 10.03.2012 г. (<http://rp5.ru>, г. Балтийск)



На рисунке 7 представлена связь ширины пляжа с характеристиками ветра в момент наблюдений, которая показывает, что минимальная ширина пляжа наблюдалась при более сильных ветрах (характеристики приведены выше), если они дули с южного — северо-западного направлений, при ветрах направлений С (3–4 м/с), ЗСЗ (2–6 м/с), ЮЮЗ (7 м/с), З (4 м/с), ЗЮЗ (10 м/с). К сожалению, не была получена надежная линейная связь между скоростью ветра (с юго-западной четверти) и шириной пляжа. Но анализ ветрового режима по данным для г. Балтийска в периоды между измерениями ширины берега показывает, что в большинстве случаев, когда наблюдалась минимальная ширина пляжа, за 1–2 дня до того (реже в течение недели) преобладали ветра со скоростями 6–10 м/с северо-западных, западных и юго-западных направлений. Как пример можно привести ситуацию в декабре 2011 г.: в 84 % случаев преобладали нагонные ветра западных и юго-западных направлений, среднемесячная скорость ветра 7,2 м/с, и в этот период наблюдался устойчиво узкий пляж (например, для четвертого профиля ширина составляла 7–8 м).

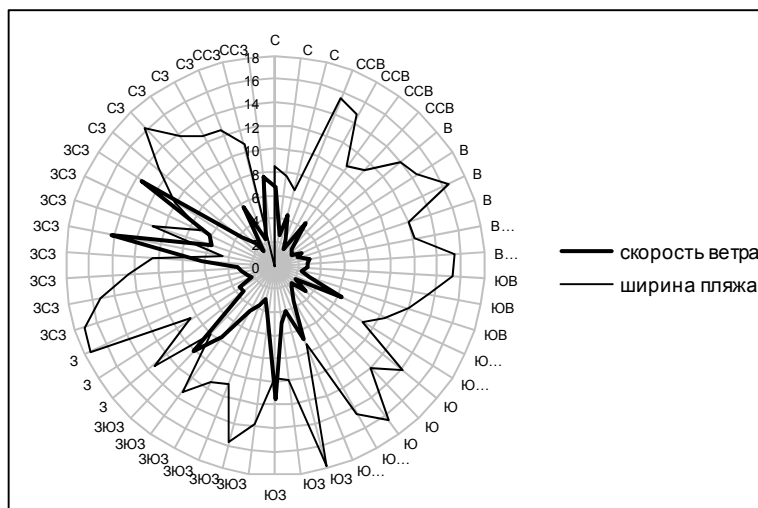


Рис. 7. Диаграмма связи ширины пляжа, модуля скорости и направления ветра в момент наблюдений.

Подписи категорий вокруг диаграммы показывают повторяемость направлений ветра за период наблюдений

Для сравнения относительного изменения уровня залива (H/H_{max} — см. формулу) со скоростным ветровым режимом на одном графике совмещены ход среднесуточного значения модуля скорости ветра (м/с) и ход безразмерной величины изменения уровня залива, меняющейся в диапазоне от 0 до 1 и умноженной на коэффициент 10 для наглядности (рис. 8). Повышение уровня залива зависит от скорости ветра, однако на графике (рис. 8) наблюдается несколько исключений. Например, весной (в марте) это, вероятно, связано с тем, что не вся акватория залива в данном районе очистилась ото льда, был длительный период действия сгонных ветров направления ЮВ, В, СВ

(с 13.03.2011 г. по 18.03.2011 г.); в конце апреля — начале мая (с 28.04.2011 г. по 03.05.2011 г.) преобладали ветра направления В и СВ.

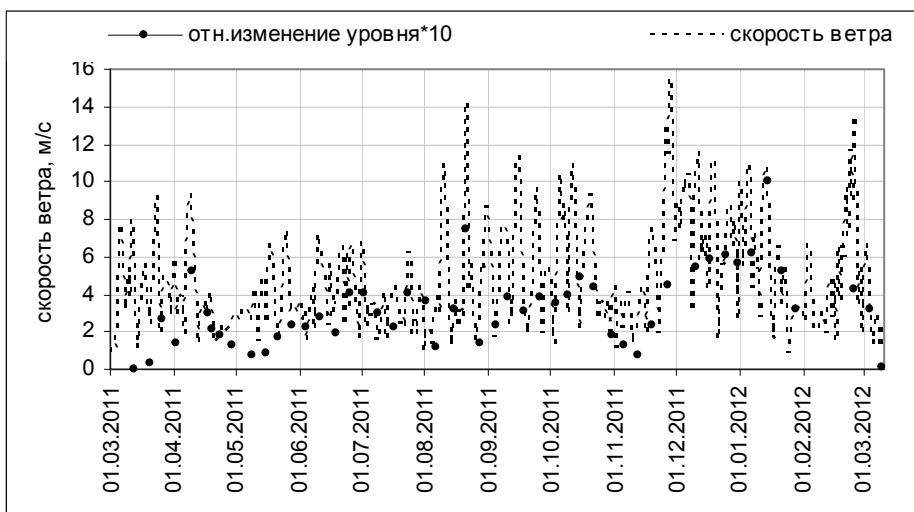


Рис. 8. Внутригодовое распределение модуля среднесуточной скорости ветра и относительного изменения уровня залива

Анализ данных наблюдений показал наличие тренда уменьшения ширины пляжа за период наблюдений. Но в начале весны 2012 г. (10.03.2012 г.) повторилась ситуация начала весны 2011 г. (12.03.2011 г.) — ширина пляжа практически одинакова (± 1 м), но произошла сильная эрозия береговых склонов (оползни, волновой размыв).

В течение года проводился регулярный фотомониторинг берега залива (рис. 1). В районе наблюдений зафиксированы этапы эрозии берега, отмечен волновой размыв берегового откоса, оползни, активное перераспределение песков и гальки на всем побережье, аккумулятивные и абразионные процессы на пляже. Во время сильных штормов (26–29.11.2011 г. и 12–14.01.2012 г.) произошло размывание части склонов, имели место новые оползни (с высоты 2–2,5 м от основания откоса), обнажившие и погребенные почвы, и элементы строений и мостовой. На некоторых участках размыв береговых уступов достигал 1–4 м (шторм 26–29.11.2011 г.), произошло образование новых уступов размыва высотой 0,5–0,7 м с обнажившимися выходами различных осадочных пород, с отступанием бровки уступов в среднем на 1–1,5 м (рис. 9). Во время штормов на пляж и береговые склоны происходил вынос большого количества камыша, травы, мусора, вырванных с корнем кустов, веток, небольших деревьев, выдавливание льда, который выглаживал берег, выворачивал валуны, мелкий кустарник, формировал валы высотой 20–40 см из крупной гальки, мелких валунов, песка.

Береговая эрозия и оползни береговых склонов Вислинского залива угрожают целостности дорог и строений, находящихся в непосредственной близости от берега. Для примера: в районе мониторинга



находятся небольшие строения, которые уже попали в зону риска, так как бровка уступа за период наблюдений приблизилась почти на 1–1,5 м к основанию построек.

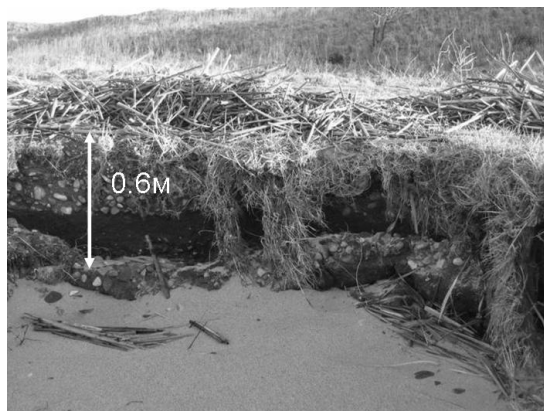


Рис. 9. Результат волнового размыва берегового уступа на берегу Вислинского залива после шторма 26–29.11.2011 г.

Необходимо отметить существование еще одной проблемы на берегах Вислинского залива, как и на берегах Балтийского моря, – влияние антропогенного фактора. Стихийно проложенные тропы и дороги на склонах, езда по откосам и пляжу на автотранспорте повсеместно привели к нарушению и уничтожению на ряде участков растительного покрова, что вызвало активизацию дефляции склонов [4; 5; 7].

Проведена первоначальная оценка экологической обстановки в районах наблюдений на побережье Вислинского залива. За период наблюдений были зафиксированы моменты массового «цветения» воды (04.06.2012 г.), «гиперцветения» воды (15.10.2012 г.), массовой гибели рыбы (04.06.2012 г.), повышенного пенообразования (21.05.2011 г., 28.05.2011 г., 04.06.2011 г., 25.06.2011 г., 10.09.2011 г., 25.09.2011 г., 15.10.2011 г., 12.11.2011 г., 31.12.2011 г.); отмечены периоды появления различных видов водорослей, прибрежно-водной растительности, различных видов моллюсков (например, отмечено появление крупных экземпляров вселенцев – моллюска *Rangia cuneata*). В особо интересных случаях производился отбор биологического материала и проб воды. Полученный материал важен благодаря регулярности наблюдений в одном и том же районе Вислинского залива. Результаты мониторинга переданы специалистам из лаборатории морской экологии АО ИО РАН.

Выводы

За период наблюдений с 06.03.2011 г. по 10.03.2012 г. получены оценочные значения максимального относительного уровня залива (относительно условного минимального уровня воды): размах колебаний 0,6–1,2 м.



По данным архивов погоды (г. Балтийск), период с 01.03.2011 г. по 10.03.2012 г. характеризовался преобладанием ветров со скоростями 1–4 м/с в 59 % случаев; отмечались ветра со скоростями больше 10 м/с в 8 % случаев, сильные ветра (больше 15 м/с) в 0,5 % случаев, преимущественно западных и южных направлений (ЮЗ – 10 %, ЗСЗ – 10 %, ЮЮЗ – 8,3 %, СЗ – 7,7 %, З – 7,6 %, ЗЮЗ – 7,4 %, ЮВ – 7,3 %).

Анализ данных наблюдений показал, что средняя ширина пляжа на всех шести профилях примерно одинаковая – от $11,5 \pm 1,0$ до $13,6 \pm 1,0$ м, максимальная ширина может достигать 19 м. Замечено наличие небольшого тренда уменьшения ширины пляжа за период наблюдений, но, несмотря на это, в начале весны 2012 г. произошло повторение ситуации начала весны 2011 г.: ширина пляжа была практически одинакова (± 1 м), но наблюдалась сильная эрозия береговых склонов (оползни, волновой размыв).

Отмечено, что при высоком относительном уровне залива во время нагонных явлений и при силе ветра более 10 м/с происходят сильный волновой размыв береговых склонов и оползни: размыв береговых уступов достигал 1–4 м, образовывались новые уступы размыва высотой 0,5–0,7 м с отступанием бровки уступов в среднем на 1–1,5 м.

Береговая эрозия и оползни береговых склонов Вислинского залива угрожают целостности дорог и строений, находящихся в непосредственной близости от берега.

Список литературы

1. Бобыкина В.П., Болдырев В.Л. Методика мониторинга берегов Калининградской области // Проблемы управления и устойчивого развития прибрежной зоны моря : матер. XXII междунар. конф. Геленджик, 2007. С. 52.
2. Болдырев В.Л., Бобыкина В.П. Общие черты морфологии и динамики Вислинской косы // Экологические проблемы Калининградской области и Балтийского региона. Калининград, 2001. С. 88–92.
3. Болдырев В.Л., Бобыкина В.П., Чубаренко Б.В. и др. Абразионные процессы на берегах Юго-Восточной Балтики // Учение о развитии морских берегов: вековые традиции и идеи современности : матер. конф. СПб., 2010. С. 54–55.
4. Болдырев В.Л., Лащенко В.М., Рябкова О.И. Эволюция западного побережья Калининградской области при интенсивном антропогенном воздействии // Эволюция берегов в условиях поднятия уровня океана. М., 1992. С. 212–225.
5. Болдырев В.Л., Рябкова О.И. Динамика береговых процессов на Калининградском побережье Балтийского моря // Известия Русского геогр. общ-ва. 2001. Т. 133, вып. 5. С. 41–49.
6. Бурнашев Е.М., Болдырев В.Л., Бобыкина В.П. Фотомониторинг как наглядный показатель динамики прибрежной зоны на примере берегов Калининградской области // Динамика прибрежной зоны бесприливных морей : матер. междунар. конф. Калининград, 2008. С. 39–41.
7. Волкова И.И., Рябкова О.И. Влияние природных и антропогенных факторов на донные ландшафты побережья Юго-Восточной Балтики // Человечество и береговая зона Мирового океана в XXI веке. М., 2001. С. 429–438.
8. Гидрометеорологический режим Вислинского залива / под ред. Н. Н. Лазаренко, А. Маевского. Л., 1971.
9. ГОСТ 8.207–76. ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. М., 1976.



10. *Навроцкая С.Е., Гуцин О.А., Стонт Ж.И.* Колебания уровня р. Преголи в центре Калининграда в 1996–2008 гг. // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2011. Вып. 1. С. 28–35.

11. *Навроцкая С.Е., Чубаренко Б.В.* О повышении уровня моря в российской части Вислинского залива // Метеорология и гидрология. 2012. №1. С. 57–67.

Об авторе

Елена Евгеньевна Есюкова — канд. геогр. наук, ст. науч. сотр., АО ИО РАН.
E-mail: elena_esiukova@mail.ru

About author

Dr Yelena Yesyukova, Senior Research Fellow, Atlantic Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences.
E-mail: elena_esiukova@mail.ru