

Т. Е. Власова, Е. С. Бубнова

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВЗВЕШЕННОГО ОСАДОЧНОГО ВЕЩЕСТВА К СЕВЕРУ ОТ КАЛИНИНГРАДСКОГО ПОЛУОСТРОВА

55

Актуальность изучения взвешенного осадочного вещества в юго-восточной части Балтийского моря обоснована как высокой антропогенной нагрузкой на данный регион, так и естественными особенностями Балтийского моря, среди которых высокий уровень эвтрофированности и сложные условия седиментации. Исследуемый район в настоящее время активно используется, что увеличивает значимость полученных результатов для задач рационального природопользования и управления прибрежной зоной.

Основная цель данного исследования заключается в изучении пространственной изменчивости распределения взвешенного осадочного вещества к северу от Калининградского полуострова (юго-восточная часть Балтийского моря) для получения новых знаний об условиях седиментации во внутриконтинентальном стратифицированном водоеме.

Данные о концентрации взвешенного вещества были получены методом фильтрации морской воды под давлением 0,4 мбар через ядерные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Пробы воды отбирались по регулярной сетке станций на стандартных горизонтах.

Регулярные исследования в течение 15 лет (2003–2017) подтвердили многократное превышение концентрации взвешенного осадочного вещества в прибрежной зоне моря, а также позволили выявить потенциальные зоны поступления осадочного материала в береговую зону.

The study of suspended particulate matter in the southeastern Baltic Sea is motivated both by human-induced impact and by the natural features of the Baltic Sea, namely, the high levels of eutrophication and complicated sedimentation conditions. The study area is human-occupied, which contributes to the significance of the findings for sustainable nature, and coastal zone, management.

The main aim of this research is to study the spatial distribution variability of suspended particulate matter north of the Kaliningrad Peninsula – in the southeastern Baltic Sea – to gain a better understanding of sedimentation conditions in a semi-enclosed stratified water basin.

The data on suspended particulate matter concentration were obtained by filtering seawater through nuclear filters with a 0.45 μm pore diameter, at a pressure of 0.4 mbar. The water samples were taken on a regular grid of stations at standard horizons.

The fifteen years (2003–2017) of regular measurements confirmed a multiple increase in the concentration of suspended matter in the coastal zone and revealed potential zones of sediment supply within the coastal zone.

Ключевые слова: взвешенное осадочное вещество, Балтийское море, Калининградская область, прибрежная зона.

Keywords: suspended particulate matter, Baltic Sea, Kaliningrad region, coastal zone.

Введение

Взвешенное осадочное вещество — главный компонент круговорота осадочного материала в водной толще, источник донных осадков и индикатор осадочных процессов. Кроме этого исключительно природного значения взвесь выступает важным фактором экологического состояния морской среды — как сама по себе, воздействуя на глубину фотического деятельного слоя вод, так и в качестве транспортного агента для загрязняющих веществ, способных адсорбироваться на поверхности частиц.

Взвешенное осадочное вещество в юго-восточной части Балтийского моря находится в поле зрения исследователей с 60-х г. XX в. [1—4; 6; 10; 11; 15]. В настоящий момент Калининградский полуостров представляет собой густонаселенный и востребованный в рекреационном, транспортном и ресурсном смысле участок побережья. Все северное побережье Калининградской области располагается в одной литодинамической системе [16], что выражается в едином потоке осадочного материала от мыса Таран до северной части Куршской косы, где происходит его окончательная разгрузка. Куршская коса является объектом всемирного наследия ЮНЕСКО, поэтому вопрос качества и количества поступающего материала имеет значение.

Материалы и методы

Исследования проводились к северу от Калининградского полуострова на основе данных экологического мониторинга ООО «ЛУКОЙЛ-КМН» по регулярной сетке станций за период с 2003 по 2017 г. (рис. 1).

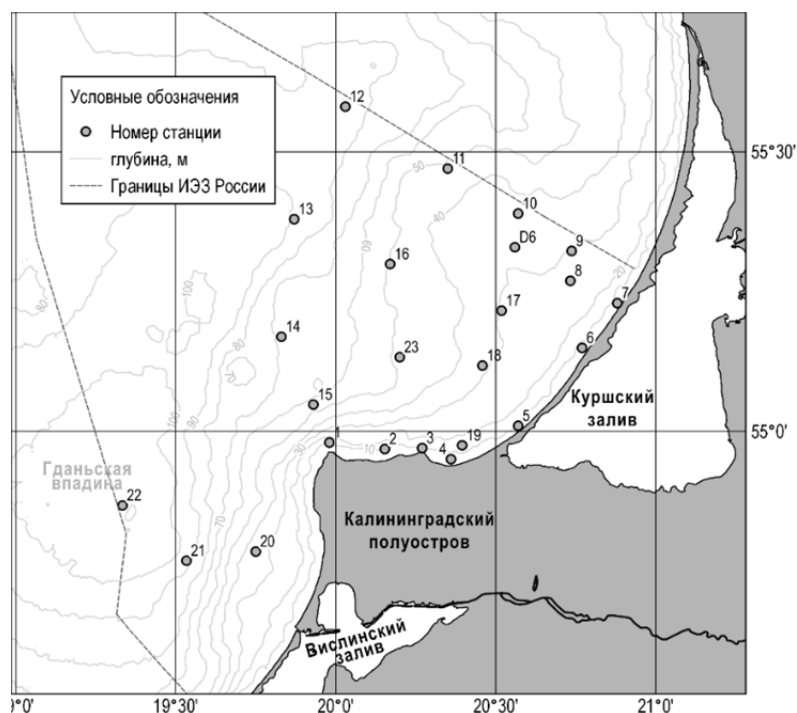


Рис. 1. Расположение регулярных точек мониторинга



Отбор проб воды для фильтрации взвешенного вещества проводился с помощью 10-литровых батометров системы Нискина по стандартным горизонтам: поверхность, 10, 30, 70, 100 м и придонный слой. В случае если глубина моря на станции была меньше 20 м, то пробы воды отбирались только в поверхностном и придонном горизонте.

Выделение взвешенного осадочного вещества из проб морской воды осуществлялось методом ультрафильтрации воды под давлением 0,4 мбар через ядерные фильтры диаметром 0,47 мм и диаметром пор 0,45 мкм. Каждая проба фильтровалась на три фильтра с последующим вычислением среднего значения.

Для станций 1–7 пробоотбор выполнялся ежемесячно в период с апреля по октябрь, для станции D-6 – ежемесячно. Отбор проб на остальных станциях осуществлялся 1 раз в год в июле.

Для демонстрации пространственного распределения взвешенного осадочного вещества были построены карты средних значений концентрации на станциях мониторинга для трех основных горизонтов: поверхностного (0 м), горизонта 10 м и придонного.

Результаты

В распределении концентрации взвешенного осадочного вещества в поверхностном слое моря самые высокие значения концентрации взвеси наблюдались у северного побережья Калининградского полуострова и достигали значений выше 3 мг/л (рис. 2). Берега северного побережья Калининградского полуострова по большей части представлены абразионно-бухтовым типом, поэтому являются заметным источником осадочного материала для этой акватории [7]. В направлении открытого моря концентрация снижается постепенно, и значения ее в открытой части моря колеблются в интервале от 0,5 до 1 мг/л.

Концентрация взвешенных веществ на горизонте 10 м не сильно отличается от распределения в поверхностном горизонте (рис. 3). Самые высокие осредненные концентрации (> 3 мг/л) также наблюдаются у корня Куршской косы.

Для горизонтов 0 и 10 м наблюдается повышение концентрации взвешенных веществ в районе станции 22, находящейся в центре Гданьской впадины.

В придонном горизонте (рис. 4) самые высокие значения концентрации также отмечается рядом с северным побережьем Калининградского полуострова и Куршской косой. За пределами береговой зоны выделяется повышение концентрации взвеси у МЛСП D-6. Минимальные значения концентрации (< 0,5 мг/л) – на станциях 11 и 15. Стоит сказать, что в придонном горизонте большая часть исследуемой акватории демонстрирует концентрации 0,5–1 мг/л, что характерно для вод открытой части моря.

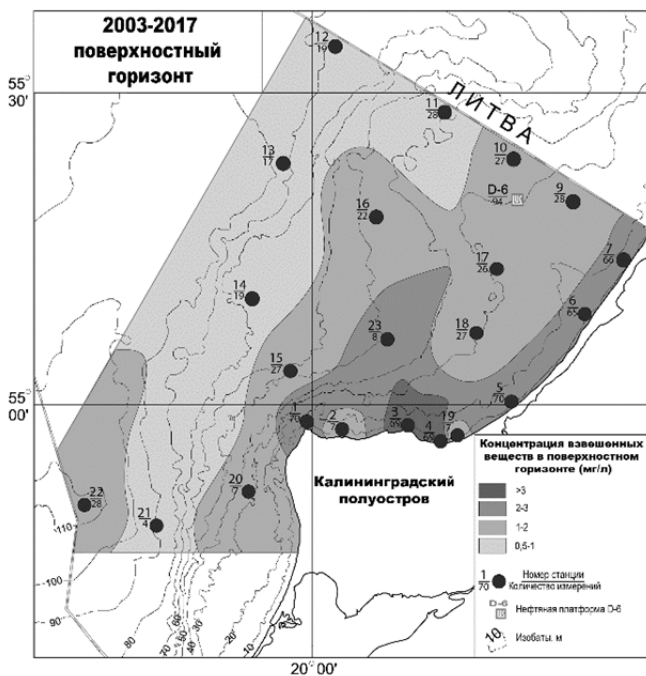


Рис. 2. Среднее распределение концентрации взвешенных веществ в поверхностном слое за период 2003 – 2017 гг.

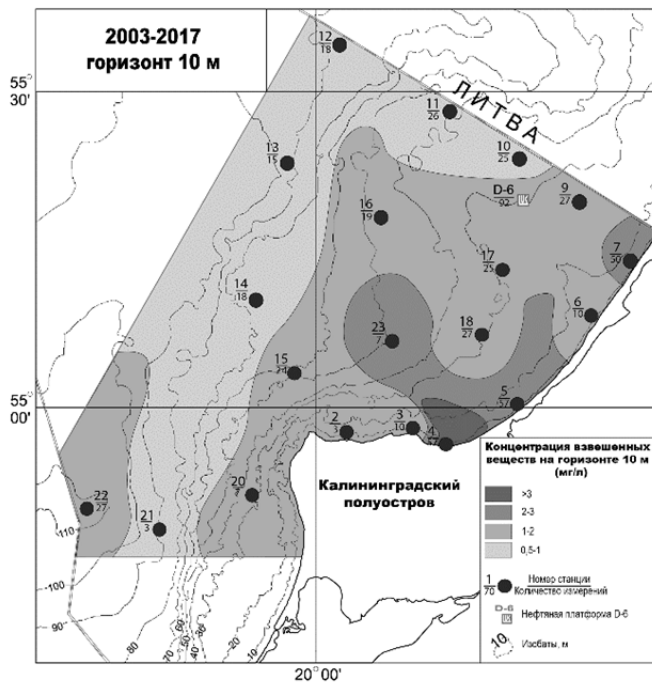


Рис. 3. Среднее распределение концентрации взвешенных веществ на горизонте 10 м за период 2003 – 2017 гг.

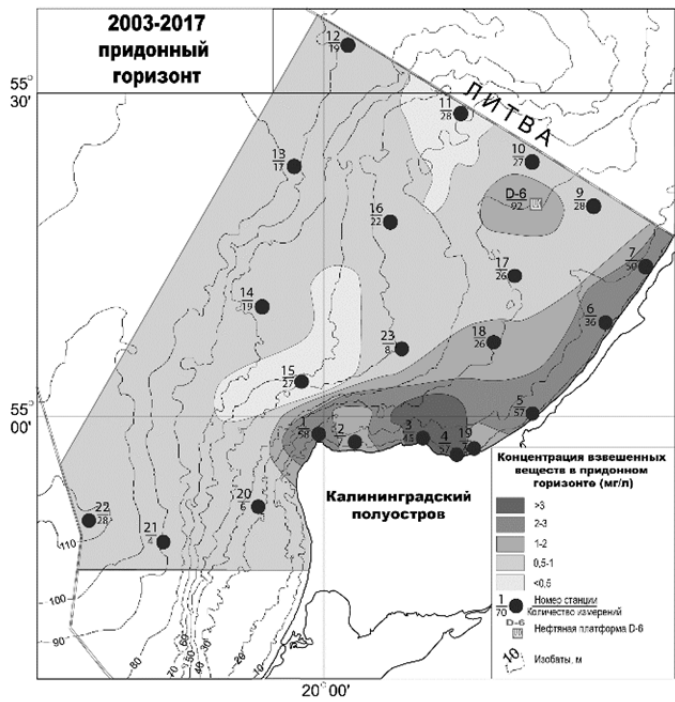


Рис. 4. Среднее распределение концентрации взвешенных веществ в придонном горизонте за период 2003 – 2017 гг.

Рассматривая вертикальное распределение взвешенного осадочного вещества вдоль северного побережья Калининградской области (рис. 5), можно отметить, что прибрежная зона Калининградского полуострова характеризуется вертикальной стратификацией взвешенного осадочного вещества, в то время как прибрежная зона Куршской косы однородна по вертикали.

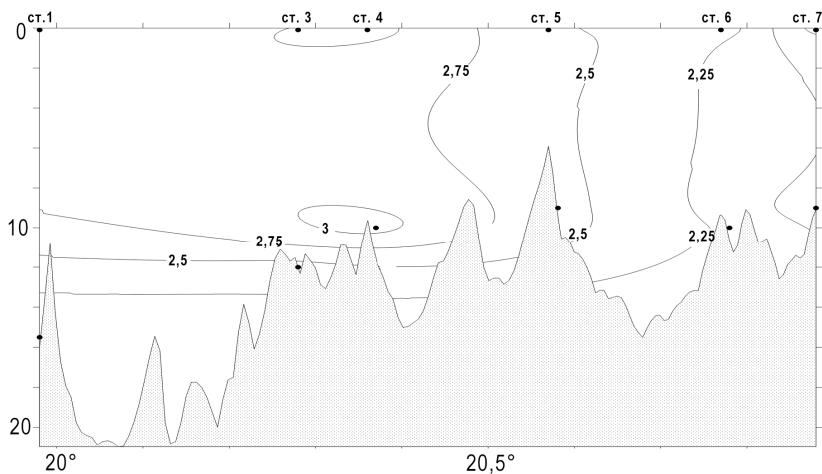


Рис. 5. Вертикальное распределение взвешенного осадочного вещества вдоль северного побережья Калининградской области за период 2003 – 2017 гг. (расположение станций см. на рис. 1, с. 56)



Обсуждение

На всех исследованных горизонтах наблюдается понижение концентрации взвешенного вещества по нормали от берега в море, так как скорости течений и, как следствие, их взвесеудерживающая способность значительно ослабляются [5] по мере удаления от береговой зоны. Пиковые значения концентрации взвеси наблюдались в районе станций 3 и 4, уменьшаясь по направлению к Куршской косе. Из этого можно сделать вывод, что основным источником взвеси для северного побережья Калининградской области (предположительно зона абразии) расположен недалеко от центра северного побережья Калининградского полуострова (мыс Гвардейский). Минимальные значения в прибрежной зоне приурочены к побережью Куршской косы, где происходит аккумуляция осадочного материала.

Берегозащитные мероприятия, проводимые в 2016–2017 гг. на северном побережье Калининградского полуострова, связанные в том числе с растущими рекреационными и транспортными запросами, выражены в основном строительством габионов, волноотбойных стен и бун, которые способны блокировать дальнейшее поступление осадочного материала с полуострова на Куршскую косу и влиять на всю литодинамическую систему исследуемого района.

Говоря о распределении взвешенного осадочного вещества в открытой части Юго-Восточной Балтики, хотелось бы отметить повышение концентрации взвеси в районе станции 22, расположенной в самом глубоком месте Гданьской впадины. Считается, что на распределение взвешенных веществ вдоль западного побережья Калининградской области большое влияние оказывает сток реки Вислы. Направление, дальность распространения, глубина проникновения мутных и пресных вод реки зависят в основном от объема стока и анемобарических условий. Весной, во время половодья, вислинские воды охватывают почти весь Гданьский залив и могут выходить за его пределы [14]. При этом мощность поверхностного слоя вод, подверженного влиянию стока Вислы, не превосходит нескольких метров. Зона перемешивания речных вод имеет правостороннюю асимметрию по отношению к устью реки Вислы, что связывают с силой Кориолиса и преобладанием западных ветров [9; 12]. Отклонение речной струи в восточном направлении вызывает повышенную концентрацию взвеси вдоль западной границы ИЭЗ.

Кроме того, за пределами береговой зоны концентрация взвеси повышается в придонном слое в районе МЛСП Д-6. Это, вероятно, связано с «островным» эффектом платформы, способствующим активизации биопродукционных процессов [10].

Отличия в вертикальном распределении взвешенного осадочного вещества в береговой зоне Калининградского полуострова и Куршской косы отмечались ранее [13], когда было сделано предположение о нахождении основного источника терригенной взвеси в районе станций 3 и 4, где берега относятся к абразионно-бухтовому типу [7]. Также



данная зона характеризуется повышенными величинами первичной продукции в теплый период года, что связано с интенсивным перемешиванием и поступлением биогенных элементов с материковым стоком с полуострова [8].

Заключение

По результатам проведения долгопериодного (2003–2017) изучения взвешенного осадочного вещества можно сделать несколько выводов.

Во-первых, сохраняется закономерность повышения концентрации взвешенного осадочного вещества вдоль северного побережья Калининградской области. Высокие значения (более 3 мг/л) характерны для восточной части побережья Калининградского полуострова (в частности, у корня Куршской косы).

Во-вторых, по положению абсолютных регулярных пиков в концентрации взвешенного осадочного вещества можно сделать вывод о локализации основного источника взвешенного материала в исследуемой акватории – районе мыса Гвардейский.

В-третьих, продолжается фиксация «островного» эффекта длительного размещения МЛСП Д-6.

Благодарности.

Построение карт пространственного распределения взвешенного вещества было выполнено в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0149-2018-0012), выявление временной динамики – за счет гранта РФФИ № 18-35-00656.

Список литературы

1. Буканова Т.В., Вазюля С.В., Копелевич О.В. и др. Региональные алгоритмы оценки концентрации хлорофилла и взвеси в Юго-Восточной Балтике по данным спутниковых сканеров цвета // Современные проблемы дистанционного исследования Земли из космоса. 2011. Т. 8, №2. С. 64–73.
2. Емельянов Е.М. Количественное распределение морской взвеси у побережья Самбийского полуострова Куршской косы (Балтийское море) // Океанологические исследования. 1968. №18. С. 203–213.
3. Емельянов Е.М., Пустельников О.С. Взвешенное вещество, его состав и баланс осадочного материала в водах Балтийского моря // Геология Балтийского моря. Вильнюс, 1976. С. 159–186.
4. Емельянов Е.М., Стрюк В.Л., Тримонис Э.С. Распределение взвеси в Гданьском бассейне. Геохимия осадочного процесса в Балтийском море / ред. Е.М. Емельянов, В.Н. Лукашин. М., 1986. С. 45–57.
5. Кожахметов А.Б., Лаценков В.М. Предварительные итоги определения фоновой мутности на участке намыва свободных песчаных наносов пляжей у северного побережья Самбийского полуострова. // Проблемы геоморфологии и четвертичной геологии шельфовых морей. Калининград, 1989. С. 96–99.
6. Копелевич О.В., Вазюля С.В., Шеберстов С.В., Буканова Т.В. Региональные алгоритмы оценки концентрации хлорофилла и взвеси в Юго-Восточной Балтике по данным спутниковых сканеров цвета // Океанология. 2016. Т. 56, №1. С. 51–59.
7. Корзинин Д.В. Морфодинамика абразионно-бухтового берега при волнениях разной интенсивности (на примере северного побережья Самбийского полуострова) // Геоморфология. 2016. №2. С. 41–50.



8. Кудрявцева Е.А. Первичная продукция фитопланктона // Система Балтийского моря / ред. А.П. Лисицын [и др.]. М., 2017. С. 214–241.

9. Праудке Х., Ланге Д., Бублиц Г., Стрюк В.Л. Связь взвешенного вещества с распределением гидрологических и оптических характеристик // Процессы осадконакопления в Гданьском бассейне (Балтийское море) / отв. ред. Е.М. Емельянов, К. Выпых. М., 1987. С. 95–98.

10. Сивков В.В. Водная взвесь // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Калининград. 2012. Т. 2. Море. С. 120–127.

11. Сивков В.В., Емельянов Е.М., Бубнова Е.С. Концентрация и гранулометрический состав взвеси // Система Балтийского моря / ред. А.П. Лисицын [и др.] М., 2017. С. 292–316.

12. Тиосинская А., Цыберская Б., Кшиминский В. Гидрологический и гидрохимический режим // Процессы осадконакопления в Гданьском бассейне (Балтийское море). М., 1987. С. 30–57.

13. Bubnova E., Krechik V., Sivkov V. Suspended matter concentration alongside the northern coastline of Kaliningrad region (south-eastern part of the Baltic Sea) // EMECS'11 SeaCoasts XXVI. August 22–27, 2016, St. Petersburg, Russia. Joint conference. Managing risks to coastal regions and communities in a changing world. Abstract Book. St. Petersburg, 2016. P. 145.

14. Cyberska B., Krzyminski W. Extention of the Vistula water in the gulf of Gdansk // Proc. 16th Conf. of the Baltic Oceanographers. Kiel, 1988. S. 89.

15. Emelyanov E.M. Geochemistry of suspended matter and bottom sediments of the Gdansk Basin and processes of sedimentation // Geology of the Gdansk Basin. Baltic Sea. Kaliningrad, 2002. P. 220–302.

16. Krek A., Stont Zh., Ulyanova M. Alongshore bed load transport in the south-eastern part of the Baltic Sea under changing hydrometeorological conditions: Recent decadal data // Regional Studies in Marine Science, 2016. P. 81–87.

Об авторах

Татьяна Евгеньевна Власова – студ., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: vlasova-345@mail.ru

Екатерина Сергеевна Бубнова – мл. науч. сотр., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН; асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта.

E-mail: bubnova.kat@gmail.com

The authors

Tatyana E. Vlasova, Undergraduate Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: vlasova-345@mail.ru

Ekaterina S. Bubnova, Junior Research Fellow, P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia; PhD Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: bubnova.kat@gmail.com