

Е. С. Бубнова^{1,2}, К. А. Ефимова², С. Д. Волков²

**ВЗВЕШЕННОЕ ВЕЩЕСТВО В ГДАНЬСКОЙ ВПАДИНЕ
В КИСЛОРОДНЫХ И БЕСКИСЛОРОДНЫХ УСЛОВИЯХ
В 2018 – 2023 ГОДАХ**

¹ Институт океанологии им. П. П. Ширшова, Москва, Россия

² Балтийский федеральный университет им. И. Канга, Калининград, Россия

Поступила в редакцию 01.04.2024 г.

Принята к публикации 03.06.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-5

Для цитирования: Бубнова Е. С., Ефимова К. А., Волков С. Д. Взвешенное вещество в Гданьской впадине в кислородных и бескислородных условиях в 2018 – 2023 годах // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канга. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №3. С. 69–80. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-5.

Пространственное и временное распределение взвешенного вещества в юго-восточной части Балтийского моря было изучено в контексте смены кислородных условий на бескислородные. Полузакрытые акватории, такие как мелководное Балтийское море, играют ключевую роль в глобальном углеродном цикле. Углеродсодержащие частицы, как органические, так и неорганические, оседают в общей взвеси, поэтому важно понимать закономерности ее распределения. Основными источниками взвешенного вещества для юго-восточной части Балтийского моря являются первичное продуцирование и абразионные процессы в береговой зоне. Из интенсивно перемешиваемой береговой зоны взвесь переносится в район Гданьской впадины, где придонные нефелоидные слои уклавывают на сложные условия седиментации, что не позволяет считать эту область простым поглотителем углерода. Промежуточные нефелоидные слои образуются при сезонной смене кислородных условий на бескислородные, особенно при отрыве локальных максимумов растворенного сероводорода от дна. Концентрация растворенного кислорода в воде значительно варьируется в зависимости от сезона как в поверхностном слое, так и в придонном, достигая максимума зимой и весной и минимума летом и осенью.

Ключевые слова: взвешенное вещество, Балтийское море, аноксия, гипоксия, растворенный кислород

Введение

Взвешенное вещество – важный элемент морской экосистемы. Концентрация взвешенного вещества регулирует глубину проникновения солнечной радиации, изменяя тем самым скорость фотосинтеза в толще воды. Биологическое поглощение углекислого газа из атмосферы в процессе фотосинтеза приводит к вертикальному транспорту углерода вниз в толще воды (так называемый «углеродный насос») [1]. Кроме того, все типы взвешенных веществ способны переносить загрязнители [2], такие



как фосфор, тяжелые металлы или гидрофобные органические соединения. Благодаря этому свойству взвешенные вещества также способны исключать загрязняющие вещества (и углерод в том числе) из природных круговоротов, сохраняя их в донных отложениях на длительный период времени.

Основными источниками взвеси в юго-восточной части Балтийского моря становятся первичное продуцирование, береговая абразия и речной сток [3]. Количество биогенной взвеси за последние годы выросло, поскольку главной экологической проблемой Балтийского моря считается эвтрофикация [4], то есть повышение трофности экосистемы из-за избыточного поступления биогенных веществ и нарушения биогеохимического баланса. Наиболее важными признаками эвтрофикации являются увеличение концентрации общего фосфора и общего азота в воде; интенсивный рост фитопланктона и избыток взвешенного и растворенного органического вещества, на разложение которых, дополнительно к дыханию биоты, расходуется кислород [5]. Процесс минерализации — это комплекс физико-химических и биохимических окислительно-восстановительных микропроцессов, приводящих к полному разложению органических остатков до конечных продуктов окисления — окислов и солей. В случае с углеродом это в основном углекислый газ, карбонаты и бикарбонаты. Этот процесс особенно ярко проявляется в придонном слое, где поступление растворенного кислорода из поверхностного слоя ограничено галоклином.

Ключевым фактором в насыщении кислородом придонных вод впадин Балтийского моря служит водообмен с Северным морем. Крупные затоки североморских вод являются одной из основных особенностей, регулирующих всю экосистему Балтийского моря [6; 7]. Они не только вентилируют глубокие слои Балтийского моря, но и поддерживают постоянный галоклин, достаточно резкий, чтобы предотвратить перемешивание поверхностного и придонного слоя, формируя, таким образом, двухслойную структуру моря и способствуя расширению зон гипоксии (концентрация кислорода меньше 2 мл/л) и аноксии (отсутствие растворенного кислорода). Локальным эффектом перехода от окислительных кислородных условий к восстановительным сероводородным выступает образование слоев взвешенного вещества хемогенного и бактериального генезиса [8].

Ввиду того что в открытой части акватории доминирующим источником взвешенного вещества является первичное продуцирование [9], пространственное распределение взвеси может служить прокси для изучения пространственной структуры эвтрофикации. Пространственное и временное распределение взвеси в юго-восточной части Балтийского моря подвержено влиянию не только сезонных изменений и речного стока, но и затоков североморских вод и, как следствие, изменению положения границы перехода от окислительных кислородных условий к восстановительным сероводородным в придонном слое. Таким образом, придонные и промежуточные максимумы концентраций взвешенного вещества соответствуют этой переходной зоне. Цель данного исследования — описать временное и пространственное распределение взвеси и растворенного кислорода в Гданьской впадине юго-восточной части Балтийского моря за период с 2018 по 2023 г.



Описание района исследования

Балтийское море расположено между морской умеренной и континентальной субарктической климатическими зонами. Климат здесь весьма изменчив вследствие разнонаправленных воздействий влажного и относительно мягкого морского воздуха из Северной Атлантики и сухого и холодного воздуха из Евразии. Южная часть Балтийского моря имеет свой сезонный цикл: он смещается на один месяц. Для весны это апрель — июнь, для лета — июль — сентябрь, для осени — октябрь — декабрь, для зимы — январь — март [10]. Балтийское море — это внутреннее море на северо-востоке Европы, омывающее берега таких стран, как Швеция, Финляндия, Россия, Эстония, Латвия, Литва, Польша, Германия и Дания. Оно соединено с Северным морем через Датские проливы и имеет площадь около 377 000 км². Балтийское море характеризуется низкой соленостью (около 7 ‰) из-за значительного поступления пресной воды из многочисленных рек.

Гданьская впадина — крупная региональная отрицательная форма рельефа в Юго-Восточной Балтике с максимальной глубиной около 110 м (рис. 1). В последние десятилетия, как и большинство впадин Балтийского моря, подвержена постоянной гипоксии [11–13]. Гданьская впадина занимает важное положение в системе циркуляции вод Балтийского моря. Эта акватория подвержена значительным сезонным колебаниям температуры и межгодовым колебаниям солености, что оказывает влияние на стратификацию и вертикальное перемешивание водных масс. В зимний период поверхность воды охлаждается, способствуя вертикальному конвективному перемешиванию (до скачка солености — галоклина), тогда как летом прогревание верхних слоев создает сезонный термоклин, который усиливает разницу в плотности между поверхностным и придонным слоем [13].

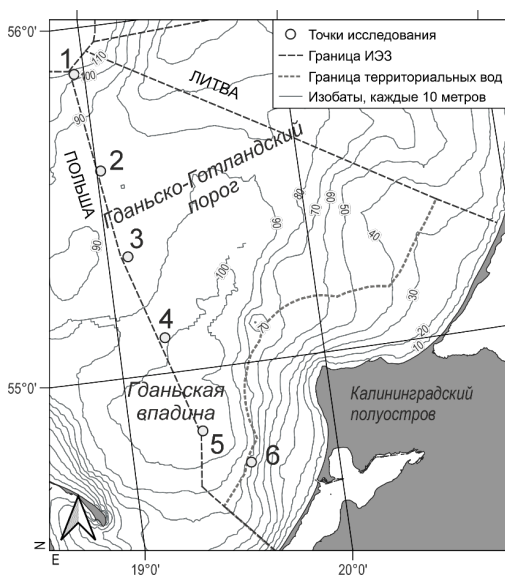


Рис. 1. Расположение точек исследований в юго-восточной части Балтийского моря



Методы исследования

Отбор проб воды осуществлялся с 2018 по 2023 г. с помощью гидрологического комплекса MWS Slimline (Hydrobios). Непосредственно после подъема батометров на поверхность были отобраны пробы для определения растворенного кислорода, затем растворенного сероводорода, далее пробы для определения концентрации взвешенного вещества. Вертикальное распределение гидрофизических параметров было измерено с помощью зондов CTD90M (Sea&Sun Tech) и SAIV SD204 (характеристики зондов представлены в таблице). Визуализация результатов выполнялась с использованием программного обеспечения Ocean Data View [14].

72

Метрологические характеристики гидрофизических зондов

Характеристика	Sea&Sun Tech CTD90M	
	Диапазон	Точность
Электропроводность, мСм/м	0–65	0,02
Температура, °С	-2–36	0,005
Давление, дбар	0–500	0,1 %
SAIV SD204		
Электропроводность, мСм/м	0–70	0,02
Температура, °С	-2–40	0,01
Давление, дбар	0–6000	0,01 %
MWS 12 Slimline		
Электропроводность, мСм/м	0–65	0,01
Температура, °С	-2–32	0,005
Давление, дбар	0–3000	<0,1 %

Концентрация растворенного кислорода определялась модифицированным титриметрическим методом Винклера, а концентрация сероводорода — спектрофотометрическим методом измерения малых концентраций сульфидов с последующим перерасчетом [15]. Для удобства визуализации совмещенных данных вместо концентрации сероводорода использовался так называемый «отрицательный кислород» [16]. Сезонная изменчивость кислородных условий в центральной части Гданьской впадины (точка 5) показана на основе данных, полученных в ходе экспедиций АО ИО РАН, а также дополнена данными из базы ICES, мониторинговая точка которых расположена в польской исключительной экономической зоне (ИЭЗ) [17]. Все данные унифицированы: растворенный кислород и сероводород указаны в мл/л.

Выделение взвешенного вещества из проб воды осуществлялось методом фильтрации под вакуумом с использованием двух разновидностей фильтров: мембранные ядерные (диаметр пор 0,4 мкм) и стекловолонконные GF/F (диаметр пор 0,6–0,8 мкм). Все фильтры были предварительно взвешены с точностью до 0,01 мг, ядерные очищены детергентом и соляной кислотой, а GF/F прокалены при температуре 350 °С в течение 3 ч. Для удаления морской соли после каждой пробы морской воды через каждый фильтр было отфильтровано 250 мл деионизированной



воды. Объем пробы определялся с помощью мерной посуды 2-го класса точности. Общая концентрация взвешенного вещества была получена посредством осреднения концентраций с двух ядерных фильтров.

Вертикальное распределение взвешенного вещества было изучено на разрезе вдоль российско-польской границы: этот участок включает южный склон Готландской впадины, Гданьско-Готландский порог, Гданьскую впадину (рис. 1). Для создания вертикального распределения концентрация взвеси усреднялась за период с 2018 по 2023 г. через каждые 10 м в каждой точке отбора проб.

Результаты и обсуждение

Сезонный ход кислорода в поверхностных водах Гданьской впадины характеризуется зимне-весенним максимумом и летним минимумом [18] (рис. 2). Для поверхностного слоя моря характерен благоприятный кислородный режим за счет газообмена с атмосферой, фотосинтеза и вертикального перемешивания вод. За период с 2018 по 2023 г. концентрация растворенного кислорода в поверхностном слое моря в Гданьской впадине не снизилась, что идет вразрез с наблюдаемым трендом на увеличение средней температуры приповерхностного слоя атмосферы и поверхностного слоя вод [19]. Увеличение температуры может быть нивелировано развитием теплолюбивых фотосинтезирующих цианобактерий.

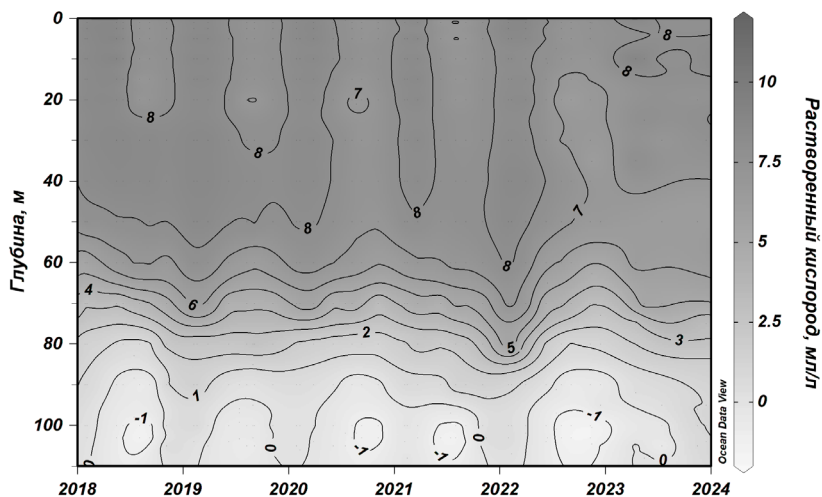


Рис. 2. Динамика содержания растворенного кислорода и растворенного сероводорода, выраженного как отрицательный кислород (мл/л) в центральной части Гданьской впадины (ст. 5)

В ноябре — декабре формируется слой мощностью до 60 м, существующий до марта; содержание кислорода в нем более 7 мл/л в ноябре и более 8 мл/л в феврале — апреле. В теплый летний период верхний квазигомогенный слой (ВКС) имеет меньшую мощность (20 — 50 м), концентрации кислорода в нем находятся в диапазоне от 6 до 7 мл/л. Ниже галоклина (60 — 80 м) содержание растворенного кислорода резко падает.

Оксиклин расположен в среднем на глубине 70 м, глубже него вплоть до дна распространяется гипоксия (воды с концентрацией кислорода ниже 2 мг/л). Верхняя граница зоны гипоксии не подвержена сезонным изменениям в отличие от зон распространения растворенного сероводорода. Аноксия в точке исследований была зафиксирована с июня по ноябрь, в декабре — мае концентрация кислорода возвращалась к границе 2 мг/л. Сезонная цикличность мощности слоя отсутствия растворенного кислорода, отмеченная нами в центре Гданьской впадины, в основном согласуется с выводами о ее летне-осеннем развитии в центральной части Балтийского моря (за исключением Гданьской впадины), полученными в [20]. Характерной особенностью 2022–2023 гг. стал отрыв слоя «отрицательного кислорода» (то есть слоя, где присутствует растворенный сероводород) от дна на расстояние 5–15 м, что может говорить о латеральном поступлении растворенного кислорода из Слупского желоба.

Наличие промежуточных пиков концентрации растворенного сероводорода (выраженного в виде отрицательного кислорода) может быть вызвано адвективным распространением насыщенных кислородом вод от склонов впадины. Другим источником промежуточных интрузий, согласно [21], служит поступление плотных, умеренно насыщенных кислородом вод из Слупского желоба. Предполагается, что циклоническая вихревая деятельность над потоком из Слупского желоба, идущим вдоль наклонного дна, приводит к фрагментации потока на отдельные шлейфы. Промежуточные слои, насыщенные сероводородом, также способствуют образованию промежуточных нефелоидных слоев на границе окислительно-восстановительных условий (рис. 3).

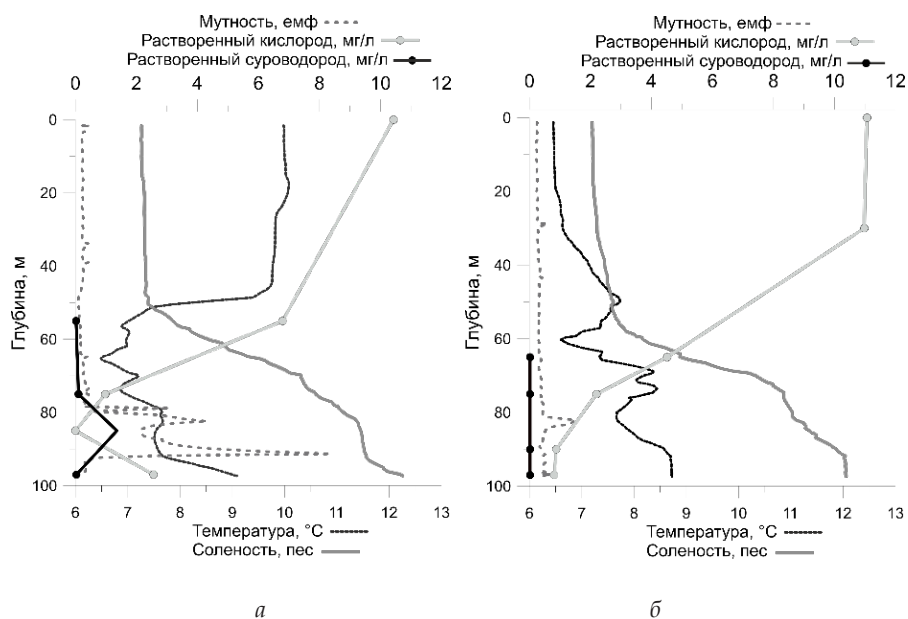


Рис. 3. Вертикальное распределение температуры, солёности, растворенного кислорода и мутности на точке 3 в ноябре (а) и декабре (б) 2023 г.



Разница во времени между съемками в данном случае составила месяц. В ноябре 2023 г. на глубине 85 м было зафиксировано наличие сероводорода, что совпадает с началом развития самого большого пика мутности. Пик сходит на нет, когда начинает расти кислород в придонном слое. К декабрю придонный слой на точке перемешивается: отсутствует как локальный промежуточный пик сероводорода, так и максимум кислорода в придонном слое. Отсутствуют и нефелоидные слои за исключением небольшого в слое понижения температуры и кислорода.

Достоверно известно, что бактериальные сообщества, ответственные за образование взвеси, процветают на окислительно-восстановительных барьерах [22], образуя гидроокислы железа и марганца, а также бактериальные колонии на оседающих минеральных частицах, поэтому при достаточно высокой концентрации сероводорода может образоваться нефелоидный слой. Чередование кислородных и сероводородных условий в центральной части Гданьской впадины (рис. 2) обеспечивает наличие промежуточного нефелоидного слоя в летний период.

Временной ход концентрации взвешенного вещества в Гданьской впадине характеризуется выраженным приповерхностным максимумом (рис. 4), основным источником взвеси для этого слоя служит биопродуцирование, в частности развитие фитопланктона. Средняя концентрация взвешенного вещества с 2018 по 2023 г. в поверхностном слое моря в Гданьской впадине составила 0,4 мг/л. Мощность поверхностного слоя, включающего максимальные концентрации взвешенного вещества, за пять лет составила 20 м, что примерно равно мощности ВКС в летний период. Абсолютный максимум концентрации взвеси был зафиксирован в августе 2022 г. и составил 1,6 мг/л, минимальная концентрация взвеси в поверхностном слое была 0,45 мг/л и зафиксирована в июне 2022 г.

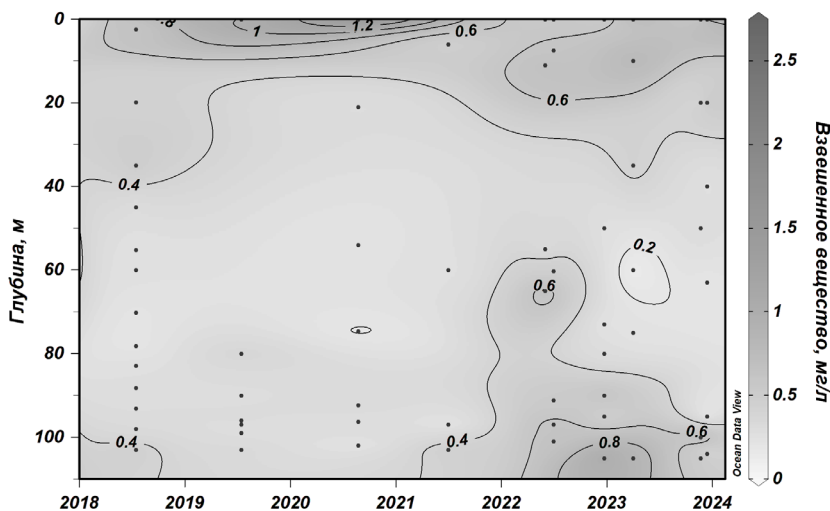


Рис. 4. Динамика концентрации взвешенного вещества (мг/л) в центральной части Гданьской впадины (ст. 5)

Локальные максимумы концентрации взвешенного вещества (придонный нефелоидный слой) были характерны для Гданьской впадины в 2018, 2021, 2022 и 2023 гг., когда были зафиксированы промежуточные максимумы концентрации сероводорода в воде (рис. 2). Средняя концентрация взвешенного вещества с 2018 по 2023 г. в придонном слое моря в Гданьской впадине составила 0,45 мг/л. Промежуточный слой «чистой воды» с низкими концентрациями взвешенного вещества распространялся от 20 до 80 м. Данные о концентрации взвешенного вещества в воде не были дополнены данными базы ICES, поэтому интерполированы были данные, полученные преимущественно в летний период, за исключением 2022–2023 гг., когда были проведены декабрьские съемки.

В среднемноголетнем (2018–2023) вертикальном распределении взвешенного вещества наблюдается трехслойная структура (рис. 5), включающая поверхностные и придонные максимумы, а также слой прозрачной воды на глубине 40–70 м. Средняя концентрация взвеси во всей толще воды была выше в теплое время года (0,6 мг/л), чем в холодное (0,45 мг/л).

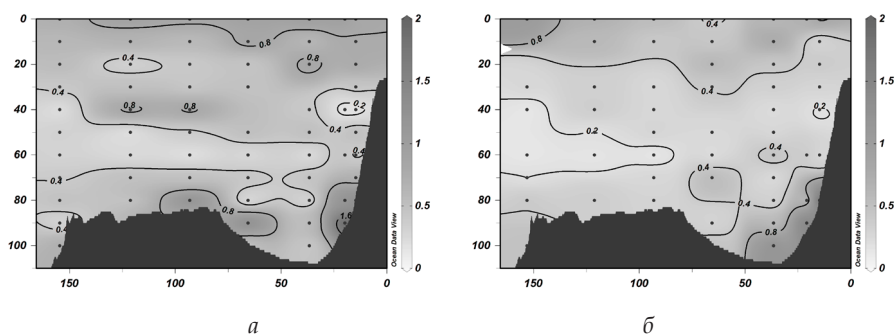


Рис. 5. Концентрация взвешенного вещества (мг/л) на вертикальном разрезе в теплый (а) и холодный сезон (б) за период с 2018 по 2023 г.

Более высокие концентрации наблюдались в поверхностном слое в теплое время года, тогда как для зимнего сезона аналогичный максимум был характерен для северо-восточной части разреза. В холодное время года поверхностный максимум отделяется от нижнего, а в теплый период кажется более равномерным по всей толще воды, даже несмотря на наличие промежуточного слоя прозрачной воды.

Слой минимального содержания взвеси совпал с холодным промежуточным слоем [23]. Холодный промежуточный слой полностью формируется только в теплый период и начинает разрушаться с октября. Придонный нефелоидный слой также был более выражен в теплый период. Единственным районом с нефелоидным слоем в холодное время года был южный склон Гданьской впадины в юго-восточной части разреза. Однако в теплый сезон нефелоидный слой существует и на южном, и на северном склонах Гданьской впадины. Придонный нефелоидный слой в южной части Гданьской впадины вызван наличием в этой обла-



сти зоны интенсификации придонного циклонического круговорота и, соответственно, уменьшением скорости осаждения взвеси в турбулентных условиях.

Вертикальное распределение взвешенного вещества рассматривалось для открытой части акватории. В точках, расположенных в открытой части моря (глубина больше 50 м), было зафиксировано экспоненциальное распределение взвешенного вещества от поверхности до горизонта 50 м и от дна до горизонта 50 м вверх. Вертикальное распределение взвешенного вещества на глубоководных станциях (глубина места >80 м) представлено на рисунке 6.

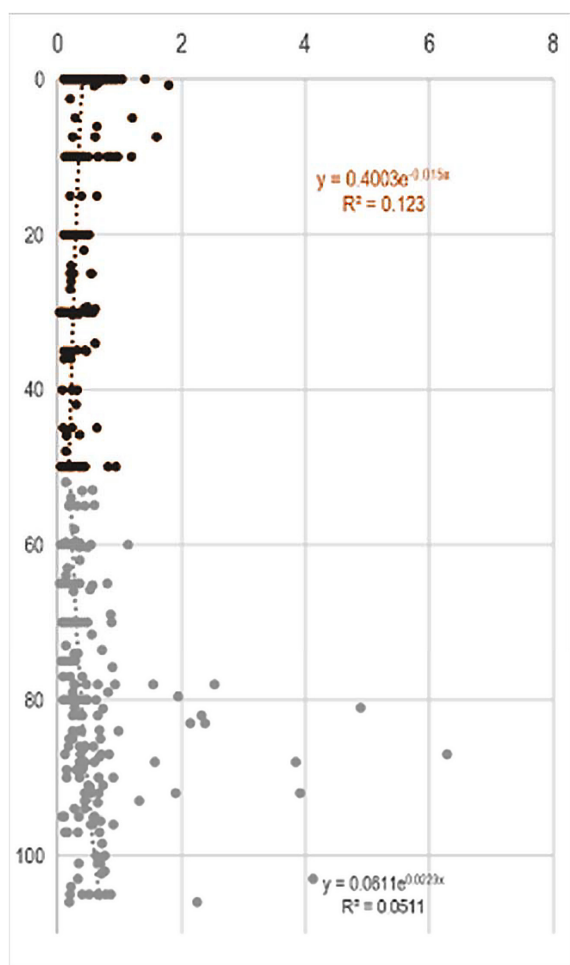


Рис. 6. Вертикальное распределение концентрации взвешенного вещества (мг/л) на станциях 1, 4 и 5 за период с 2018 по 2023 г.

От поверхности до слоя «чистой воды» можно провести экспоненту, выражающую потенциальный вертикальный поток взвеси. Встречную экспоненту можно провести от дна также к 50 м. Подобный способ расчета вертикальных потоков взвешенного вещества был описан в [23]. По



градиенту концентраций внутри экспоненциального распределения могут быть рассчитаны моментальные потоки взвешенного вещества: нисходящий от поверхности в слой 50 м и восходящий от дна, означающий, что осаждение частиц затруднено. Разумеется, расчеты такого рода являются одномоментными и не могут быть рассмотрены как альтернатива седиментационным ловушкам.

Заключение

За период исследований (2018 – 2023) в юго-восточной части Балтийского моря были сделаны следующие наблюдения:

– значительная сезонная изменчивость в концентрации растворенного кислорода в воде как для поверхностного слоя, так и для придонного, максимальные значения характерны для зимне-весеннего периода, минимальные – для летне-осеннего;

– вертикальное распределение взвешенного вещества в Гданьской впадине, представляющее собой трехслойную структуру с двумя максимумами: в поверхностном и придонном слоях и промежуточным слоем «чистой воды» на глубинах 40 – 70 м;

– развитие промежуточных нефелоидных слоев при сезонной смене кислородных условий на бескислородные, особенно в случае отрыва локальных максимумов растворенного сероводорода от дна.

Распределение зон гипоксии и аноксии было исследовано за счет гос. задания ИО РАН № FMWE-2024-0025, вертикальное распределение взвешенного вещества изучено при поддержке проекта РФФ № 22-77-00069.

Список литературы

1. Sigman D. M., Boyle E. A. Glacial/interglacial variations in atmospheric carbon dioxide // *Nature*. 2000. Vol. 407 (6806). P. 859 – 869. <https://doi.org/10.1038/35038000>.
2. Rügner H., Schwientek M., Beckingham B. Turbidity as a proxy for total suspended solids (TSS) and particle facilitated pollutant transport in catchments // *Environ Earth Sci*. 2013. Vol. 69. P. 373 – 380. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2307-1>.
3. Лукашин В. Н., Кречик В. А., Бубнова Е. С. и др. Взвесь в Балтийском море: распределение и химический состав // *Океанологические исследования*. 2018. Т. 46 (2). С. 145 – 166.
4. HELCOM Baltic Sea Action Plan. Helsinki Commission Publ. Helsinki, 2023.
5. Howarth R., Chan F., Conley D. J. et al. Coupled biogeochemical cycles: eutrophication and hypoxia in temperate estuaries and coastal marine ecosystems // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2011. Vol. 9 (1). P. 18 – 26.
6. Matthäus W., Franck H. Characteristics of major Baltic inflows – a statistical analysis // *Continental Shelf Research*. 1992. Vol. 12, № 12. P. 1375 – 1400.
7. Mohrholz V. Major Baltic Inflow statistics – revised // *Frontiers in Marine Science*. 2018. Vol. 5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00384>.
8. Емельянов Е. М., Стрюк В. Л. Водная взвесь // *Осадкообразование в Балтийском море* / под ред. А. П. Лисицына, Е. М. Емельянова. М., 1981. С. 79 – 106.
9. Сивков В. В. Водная взвесь // *Нефть и окружающая среда Калининградской области*. Калининград, 2012. Т. 2. Море. С. 12 – 127.



10. Гидрометеорологические условия. Проект «Моря СССР» Т. 3. Балтийское море. Вып. 1. СПб., 1992.
11. Conley D. J., Björck S., Bonsdorff E. et al. Hypoxia-related processes in the Baltic Sea // Environ. Sci. Technol. 2009. Vol. 43. P. 3412–3420. <https://doi.org/10.1021/es802762a>.
12. Дубравин В. Ф. Гидрохимический режим // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Калининград, 2012. Т. 2. Море. С. 106–120.
13. Дубравин В. Ф., Дорохова Е. В., Сивков В. В., Смыслов В. А. Гидрохимические показатели и взвешенное вещество // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Калининград, 2012. Т. 2. Море. С. 276–291.
14. Schlitzer R. Ocean data view. 2018. URL: <https://epic.awi.de/id/eprint/56921/> (дата обращения: 15.03.2024).
15. Бордовский О. К., Чернякова А. М. Современные методы гидрохимических исследований океана : метод. указания. М., 1992. 201 с.
16. Fonselius S. Hydrography of the Baltic Deep Basins III. Fish. Bd Sweden, Ser. Hydrography, Rep. 23. 1969.
17. ICES Oceanographic database / International Council for the Exploration of the Sea (ICES). 2022. URL: <https://ocean.ices.dk/HydChem/HydChem.aspx> (дата обращения: 01.03.2024).
18. State and Evolution of the Baltic Sea, 1952–2005: A Detailed 50-year Survey of Meteorology and Climate, Physics, Chemistry, Biology, and Marine Environment / R. Feistel, G. Nausch, H. Wasmund. Hoboken, 2008.
19. Dutheil C., Meier H. E. M., Gröger M., Börgel F. Understanding past and future sea surface temperature trends in the Baltic Sea // Climate Dynamics. 2022. Vol. 58 (11). P. 3021–3039.
20. Krapf K., Naumann M., Dutheil C., Meier H. Investigating Hypoxic and Euxinic Area Changes Based on Various Datasets From the Baltic Sea // Frontiers in Marine Science. 2022. Vol. 9. P. 823476. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.823476>.
21. Golenko M., Paka V., Zhurbas V. et al. Intermediate plumes of low oxygen in the southeastern Baltic Sea // Oceanologia. 2023. Vol. 65 (1). P. 100–116.
22. Пахомова С. В., Розанов А. Г., Якушев Е. В. Растворенные и взвешенные формы железа и марганца в редокс-зоне Черного моря // Океанология. 2009. Т. 49, №6. С. 835–850.
23. Christiansen C., Kunzendorf H., Emeis K. C. et al. Temporal and spatial sedimentation rate variabilities in the eastern Gotland Basin, the Baltic Sea // Boreas. 2002. Vol. 31 (1). P. 65–74. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2002.tb01056.x>.

Об авторах

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

E-mail: bubnova.kat@gmail.com

Ксения Алексеевна Ефимова — мл. науч. сотр., лаборатория морского природопользования, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: ksyu.efimova.99@inbox.ru

Семен Дмитриевич Волков — магистр, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: syoma26200@gmail.com



E. S. Bubnova^{1,2}, K. A. Efimova², S. D. Volkov²

TOTAL SUSPENDED MATTER IN THE GDANSK DEEP
AT OXYGENATED/ANOXIC CONDITIONS IN 2018–2023

¹ Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 01 April 2024

Accepted 03 July 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-5

80

To cite this article: Bubnova E. S., Efimova K. A., Volkov S. D., 2024, Total suspended matter in the Gdansk deep at oxygenated / anoxic conditions in 2018–2023, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 69–80. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-5.

The spatial and temporal distribution of suspended matter in the southeastern part of the Baltic Sea was studied in the context of the transition from oxygenated to anoxic conditions. Semi-enclosed water bodies, such as the shallow Baltic Sea, play a key role in the global carbon cycle. Carbon-containing particles, both organic and inorganic, settle within the total suspended matter, making it important to understand the patterns of its distribution. The main sources of suspended matter in the southeastern part of the Baltic Sea are primary production and abrasion processes in the coastal zone. From the intensively mixed coastal zone, the suspended matter is transported to the Gdańsk Deep, where benthic nepheloid layers indicate complex sedimentation conditions, suggesting that this area cannot be considered a simple carbon sink. Intermediate nepheloid layers form during the seasonal shift from oxygenated to anoxic conditions, especially when local maxima of dissolved hydrogen sulfide detach from the seabed. The concentration of dissolved oxygen in the water varies significantly depending on the season, both in the surface and bottom layers, reaching its peak in winter and spring and its minimum in summer and autumn.

Keywords: total suspended matter, Baltic Sea, anoxia, hypoxia, dissolved oxygen

The authors

Ekaterina S. Bubnova, junior researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia; graduate student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: bubnova.kat@gmail.com

Ksenia A. Efimova, junior researcher, laboratory of marine environmental management, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: ksyu.efimova.99@inbox.ru

Semen D. Volkov, master's student, Graduate School of Living Systems, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: syoma26200@gmail.com