

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

П. В. Солощук, Е. С. Кочеткова

Российский государственный гидрометеорологический университет

Введение

В настоящее время восточная часть Финского залива находится под воздействием большого числа факторов природного и антропогенного происхождения. Основное воздействие на рассматриваемый регион связано с влиянием мегаполиса, интенсивным развитием портостроительства, активным освоением морских ресурсов и действующей инфраструктурой. С одной стороны, это современное развитие экономики, а с другой стороны, это приводит к негативному воздействию на морские экосистемы. Относительный вклад природных и антропогенных факторов в формирование современного гидрохимического состояния является главной проблемой в современных исследованиях Финского залива.

Из всех газов, растворенных в воде, наибольший интерес представляет кислород, так как с ним связана интенсивность химических и особенно биохимических процессов, он оказывает огромное влияние на обмен веществ в природе. Благоприятный режим растворенного в воде кислорода – одна из главных предпосылок для нормального развития и воспроизводства водных организмов и функционирования всей экосистемы водоема, а также для утилизации хозяйственных и бытовых отходов, поступающих в залив.

Материалы и методы

Финский залив Балтийского моря – относительно узкий залив, он глубоко вдается в сушу и на 420 км вытянут с запада на восток. Часть Финского залива восточнее о. Гогланд принято называть восточной частью Финского залива. Она представляет собой водоем с солоноватой водой, режим которого отличается неустойчивостью гидрологических условий, связанной со значительным материковым стоком и относительной мелководностью. В настоящее время воды восточной части Финского залива находятся в непрерывном движении, при этом их состав и характеристики определяются действием целого ряда факторов, как природных, так и антропогенных, и даже небольшие изменения термohалинных характеристик и как следствие гидрохимических условий оказывают влияние на функционирование биотических компонентов экосистемы [1].

Исходными материалами послужили:

- данные по температуре, солености и растворенному кислороду, полученные в ходе экспедиций на гидрологических полигонах в восточной части Финского залива за период с 2000 по 2010 г.;
- сведения о гидрологических и гидрохимических характеристиках залива, опубликованные в научных работах и рейсовых отчетах;
- данные, полученные институтами Балтийского региона:
 - BED, Baltic Nest Institute, Stockholm University
 - IOW, Leibniz Institute for Baltic Sea Research, Warnemunde, Germany
 - Shark, SMHI, Sweden
 - Sumppu, marin database, SYKE-FMI, Finland
 - Aldabase database, SYKE-FMI, Finland
 - MADS, NERI, University of Aarhus, Denmark
 - Pivet, coastal database, SYKE-FMI, Finland.

Как источник данных и средство построения карт был выбран пакет DAS 4.5, который является средством усвоения данных, предоставленных ведущими институтами Балтийского региона. Преимущества DAS заключаются в том, что базы данных распространяются через сеть интернет, что позволяет произвести визуализацию данных существующих баз или создавать и использовать собственные. На сайте <http://nest.su.se/das/> возможно скачать программное обеспечение, представлена техническая документация и руководство пользователя. И данные, и программное обеспечение предоставляются на бесплатной основе.

Исследования гидрохимической структуры выполнялись в летний период (июль – август) в среднем на 45–50 станциях, на которых измерения производились на стандартных горизонтах, в том числе и на станциях, являющимися точками мониторинга УГМС (см. рис. 1). Глубина на станциях отбора проб варьировала от 13 до 75 м.

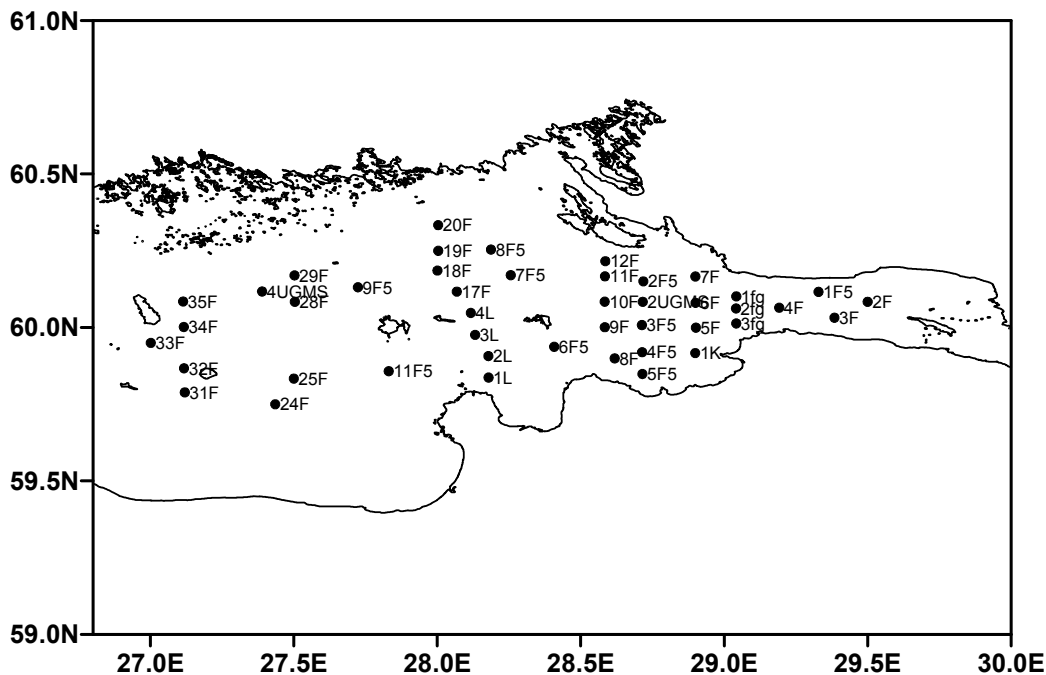


Рис. 1. Схема станций в восточной части Финского залива

Результаты и обсуждение

Восточную часть Финского залива, где проводились измерения, можно разделить на два под-района:

- мелководный район – от Невской губы до разреза мыс Шепелевский – мыс Флотский,
- глубоководный район – от Шепелевского разреза до о. Гогланд.

В гидрохимическом режиме верхнего слоя имеются особенности, обусловленные географическим положением моря, размещением внешних источников поступления вещества, спецификой сезонной стратификации и биотических факторов. В целом динамика условий похожа на динамику, характерную для фотического слоя. В термоклине и под ним убыль кислорода связана лишь с процессами биохимической деструкции взвешенных веществ, замедленной из-за низкой температуры воды. Поэтому здесь сохраняются относительно высокие концентрации кислорода, формирующие максимум его вертикального распределения. В глубинном слое из-за затрудненности вертикального переноса кислорода из верхнего слоя главным источником аэрации является адвекция поступающих вод.

Кислородный режим в мелководном районе характеризуется притоком солоноватых вод из глубоководной части залива и поступлением распресненных вод от Невы. Концентрации растворенного кислорода в поверхностном слое колебались в диапазоне 5,8–9,2 мл/л. В придонном слое наблюдались минимальные (ниже 3,0 мл/л) в 2006 и 2007 гг. показатели: диапазон преобладающих концентраций составил 1,5–3,0 мл/л в глубоководной части, достаточно высокие значения – от 6,0 до 9,2 мл/л – были в мелководном подбассейне. Самые низкие показатели отмечались в 2006 и 2010 гг. в глубоководных зонах, а также пониженные значения наблюдались в зоне влияния выноса сточных вод.

Для глубоководного района характерно увеличение площади гипоксийных зон за последние 10 лет. Наименьшие концентрации кислорода у дна в августе 2003 г. (на самом деле, 2010 г. – самый бедный кислородом: экстремально жаркое нештормовое лето+заток) совпадают с максимальной для последних лет соленостью придонных слоев. Приток обедненных кислородом солоноватых вод из западной части Финского залива и вертикальная стратификация явились причиной существенного ухудшения кислородного режима придонных вод.

Наиболее характерная черта кислородного режима – это его уменьшение по всей толще воды. В кислородном балансе верхнего слоя преобладает его потребление при деструкции органического вещества и выделение в атмосферу. Продуцирование кислорода фитопланктоном достаточно интенсивно, чтобы поддерживался баланс кислорода в верхнем слое выше уровня нормального насыщения.

Один из основных факторов, определяющих режим кислорода летом, – исходное его состояние в придонном слое в весенний период. Другой фактор – стратификация водных масс в глубинном слое, которая зависит от интенсивности притока вод и способствует возникновению зон с дефицитом кислорода. Механизм влияния притока вод на кислородный режим еще не до конца ясен. Вероятно, что с усилением стратификации и повышением температуры воды притока взмучивают донные отложения, и таким образом создаются предпосылки интенсивного потребления кислорода.

Содержание растворенного кислорода в верхнем слое залива определяется интенсивностью одновременно протекающих процессов поступления кислорода в водную среду и уменьшения его содержания. К первым относится поглощение кислорода из атмосферы при относительном содержании его в воде менее 100% и продуцирование при фотосинтезе в результате расщепления молекул воды, ко вторым – биохимическая деструкция органического вещества, выделение в атмосферу с поверхности при относительном содержании кислорода более 100% и дыхание гидробионтов [1].

Многолетние изменения определяются главным образом естественными факторами. Улучшение кислородного режима у дна в глубоководной части залива связывают со снижением солености и снижением содержания биогенов (в частности, фосфора). Такие же изменения солености и содержания кислорода характерны и для мелководной части, где кислородные условия редко бывают неблагоприятными.

Распределение растворенного кислорода определяется в основном при взаимодействии процессов распространения распресненных и обогащенных биогенами невских вод и фотосинтетической утилизации биогенов. Повышенные значения солености, в особенности в переходном районе, находят свое объяснение при переходе к распределению характеристик в глубинных слоях. В этом районе, наряду с достаточно выраженным галоклином, обнаруживается значительный дефицит кислорода. Тесная связь между соленостной стратификацией и пониженными концентрациями кислорода в этом районе вполне обычна. Однако общее снижение солености и ослабление вертикальной стратификации на протяжении последних лет привели к усилению вертикального обмена и достаточной вентиляции глубинных слоев. Изменения вертикального распределения солености и кислорода в последнее время указывают на адвекцию соленых, обедненных кислородом вод из открытой части Балтики [2].

Заток вод повышенной солености, как это наблюдалось летом 2003, 2008 и 2009 гг., обусловил резкое увеличение концентрации в придонных слоях мелководной части залива (см. рис. 2–4). В частности, содержание растворенного кислорода превышало среднегодовое значения в несколько раз. Усиление стратификации вод привело к ухудшению кислородного режима на дне и как следствие к обеднению бентосных сообществ.

Заключение

Причиной резкого изменения экологической обстановки в восточной части Финского залива следует считать повышенную антропогенную нагрузку, которая в свою очередь усиливается естественными условиями, такими как поступление в этот район соленых вод из центральной части залива, усиление вертикальной стратификации и ослабление вентиляции глубинных слоев. Повышенная трофность этого района, отражающаяся в интенсивном расходе кислорода на минерализацию донных отложений, способствовала дальнейшему потреблению кислорода из уже обедненных вод.

Литература

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект «Моря СССР». Т. 3. Балтийское море. Справочное издание / Под ред. Ф. С. Терзиева, В. А. Рожкова, А. И. Смирновой. СПб., 1992. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. 434 с.
2. Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива / Под ред. И. Н. Давидана, О. П. Савчук. СПб., 1997. Вып. 5. Ч. II. 445 с.



Рис. 2. Распределение растворенного кислорода в летний период 2009 г.



Рис. 3. Распределение растворенного кислорода в летний период 2008 г.

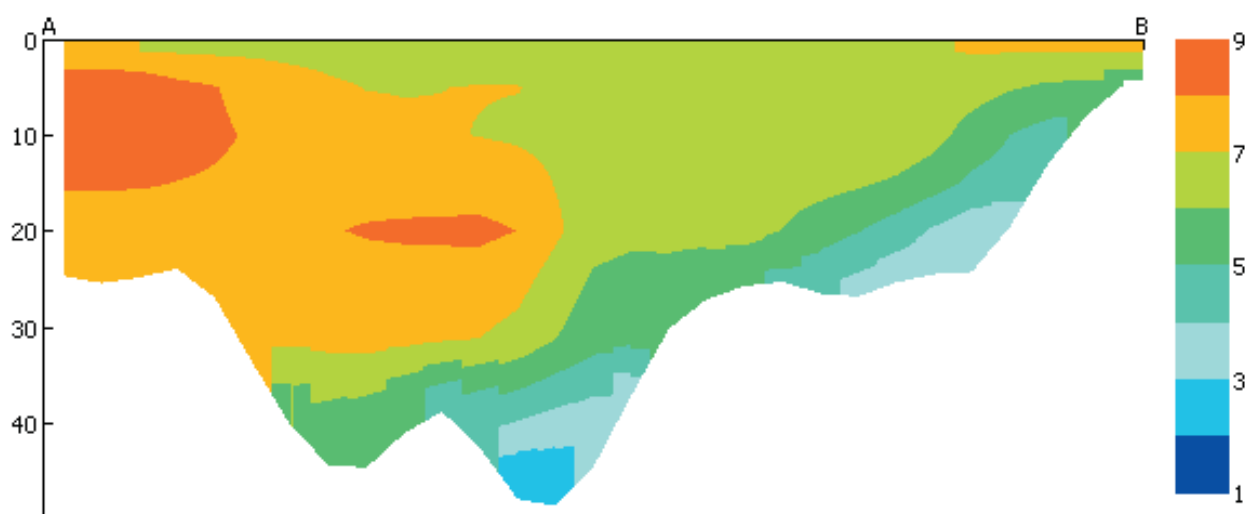


Рис. 4. Распределение растворенного кислорода в летний период 2003 г.