

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

Кулыгин В.В.

Институт аридных зон ЮНЦ РАН, Ростов-на-Дону, Россия
kulygin@ssc-ras.ru

Аннотация: Представлена математическая модель кислородного режима Таганрогского залива, позволяющая оценить зоны дефицита кислорода. Верификация модели произведена с использованием данных спутниковых снимков за период 2003-2012 гг.

1. Введение

Содержание кислорода, растворенного в водной толще, относится к важнейшим гидрохимическим показателям, определяющим условия существования гидробионтов. При избыточном количестве органического вещества нередки случаи резкого ухудшения кислородного режима вод и т.н. «заморных явлений», которые могут сопровождаться массовой гибелью водных организмов, особенно рыб и бентоса.

В Азовском море сложились все условия для периодических «цветений воды». Концентрация биогенов в данном бассейне практически никогда не достигает аналитического нуля, то есть азот, фосфор, кремний постоянно присутствуют в форме, доступной для микроводорослей. Одной из особенностей формирования кислородного режима Азовского моря в современный период является проникновение зон дефицита кислорода на акваторию Таганрогского залива.

В настоящей работе предлагается модель кислородного режима для прогноза содержания растворенного кислорода и оценки площади зон заморов в Таганрогском заливе.

2. Описание модели

Разработка модели выполнялась согласно следующим основным принципам. Во-первых, модель должна включать все ключевые, исходя из целей и задач исследования, переменные и экзогенные факторы. Во-вторых, сложность модели (размерность, степень пространственного разрешения, нелинейность и т.п.) должна быть такой, чтобы обеспечить её прозрачность, возможность идентификации и осуществления настройки. Наконец, модель должна быть достаточно унифицирована, чтобы её можно было применять для сопоставляемых объектов.

При исследовании дефицита растворенного кислорода большое значение имеет его вертикальное распределение, характеризующееся максимальными градиентами. Для однородного района акватории была разработана одномерная модель, описывающая сезонный ход содержания кислорода, его вертикальное распределение и взаимодействие с донными отложениями (Kulygin et al., 2016). Модель учитывает следующие процессы: первичная продукция; поступление кислорода из атмосферы; вертикальная диффузия; скорость окисления лабильного органического вещества в водной толще и донных отложениях; оседание продуцированного органического вещества в донные отложения. Величина газообмена «вода-атмосфера» параметризуется зависимостью от температуры среды, скорости ветра и концентрации насыщения кислорода. Модель ориентирована на описание безледного периода года и не учитывает процесс замедления газообмена в результате установления льда. Для описания коэффициента вертикальной диффузии используется эмпирическая зависимость от скорости ветра и глубины термоклина. Для расчета скорости окисления органического вещества используется зависимость от температуры воды и концентрации растворенного кислорода. Входными воздействиями в предлагаемой модели являются величина первичной продукции, температура воды и скорость ветра.

Рассматривалось два варианта пространственной динамики растворенного кислорода: с использованием мультикомпарментальной балансовой гидрологической модели (Бердников, 2004; Дашкевич и др., 2016), работающей на суточном шаге, и с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР) дна залива. В первом случае водообмен между однородными районами (компартаментами) задавался на основе результатов расчета гидрологического модуля. Во втором каждая ячейка ЦМР рассматривалась независимо.

Результаты дешифрирования спутниковых снимков использовались в качестве полей входных данных модели (величина первичной продукции, температура воды и скорость ветра).

При подготовке данных для верификации модели использовались два источника спутниковой информации: Европейский центр данных Copernicus (Marine environment monitoring service) (<http://marine.copernicus.eu>) и распределенный центр архивных материалов физической океанографии НАСА (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC), NASA) (<http://podaac.jpl.nasa.gov>). Для целей настоящего исследования были выбраны следующие наборы данных:

- температура поверхности моря по данным спутниковых снимков радиометров AVHRR (спутники серии NOAA) уровень обработки L4 за период 1981-2016 гг.;
- ветер над морской поверхностью по данным скаттерометра SeaWinds на Quicksat уровень обработки L3 за период 1999-2009 гг.;
- концентрация хлорофилла «а» по данным спектрометра MERIS на Envisat уровень обработки L2 за период 2002-2012 гг. Определение концентрация хлорофилла «а» выполнялось с использованием регионального алгоритма (Moses et al., 2012).

Оценка первичной продукции на основе значений хлорофилла «а» в поверхностном слое выполнялась согласно (Матишов и др., 2010) с использованием ассимиляционного числа.

Расчеты показали, что предложенная модель достаточно адекватно воспроизводит кислородный режим Таганрогского залива и дает удовлетворительные количественные оценки потенциальных зон дефицита кислорода. На основе разработанной модели выполнен ретроспективный анализ кислородного режима Таганрогского залива с использованием архива снимков за период 2003-2012 гг.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16–35-00290 мол_а.

Литература

- Бердников С.В. Разработка и применение компартментальных моделей для изучения пространственных характеристик морских экологических систем: Дисс. ... д-ра геогр. наук. Мурманск, 2004. 335 с.
- Дашкевич Л.В., Немцева Л.Д., Бердников С.В. Оценка ледовитости Азовского моря в XXI веке по спутниковым снимкам TERRA/AQUA MODIS и результатам математического моделирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 91-100.
- Матишов Г.Г., Поважный В.В., Бердников С.В., Мозес В.Дж., Гительсон А.А. Оценка концентрации хлорофилла *a* и первичной продукции в Азовском море с использованием спутниковых данных // Доклады академии наук. 2010. Т.432, №4. С. 563-566.
- Kulygin V., Berdnikov S., Selyutin V., Dashkevich L. Oxygen depletion risk assessment in shallow water bodies of the Sea of Azov region // SGEM2016 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-62-9 / ISSN 1314-2704, June 28 - July 6, 2016, Book 3 Vol. 2, 799-806 pp.
- Moses W.J., Gitelson A.A., Berdnikov S.V., Saprygin V.V., Povazhnyi V.V. Operational MERIS-based NIR-red algorithms for estimating chlorophyll-a concentrations in coastal waters - the Azov Sea case study // Remote Sens. of Environment. 2012. V. 121. P. 118-124.