

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ БИОХИМИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА В ВОДАХ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

С. В. Свищев

Морской гидрофизический институт НАН Украины (МГИ НАНУ)

Рассмотрены закономерности внутригодовых изменений биохимического потребления кислорода в водах Севастопольской бухты в период 2008 - 2012 гг. Выявлены пространственные особенности сезонных изменений биохимического потребления кислорода в водах Севастопольской бухты. Сезонные колебания величины биохимического потребления кислорода в водах бухты зависят от ряда параметров: температуры среды, исходной концентрации растворенного кислорода, концентрации и состава органического вещества.

Ключевые слова: биохимическое потребление кислорода, Севастопольская бухта

Введение

Интенсивно эксплуатируемые прибрежные морские системы, к числу которых относится Севастопольская бухта, подвергаются воздействию повышенной антропогенной нагрузки. Она может включать факторы чрезмерно интенсивной эксплуатации природных ресурсов, вселения чужеродных видов, загрязнения окружающей среды (выбросы хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод и т. д.) [6].

Одним из общепринятых индикаторов нежелательных изменений состояния морской экосистемы является величина биохимического потребления кислорода (БПК) – важная санитарно-эпидемиологическая характеристика, которая служит для оценки степени загрязнения природных и промышленных вод. Она напрямую зависит от количества гетеротрофных бактерий, которое в свою очередь определяется степенью загрязнения водных масс [8]. Такая взаимосвязь приводит к тому, что физический смысл величины БПК определяется как количество кислорода, необходимое для окисления «нестойкого органического вещества» (или иными словами для минерализации «нестойкого органического вещества») в основном обитающей в воде бактериальной флорой.

Подобная трактовка физического смысла величины БПК носит весьма расплывчатый характер, который становится еще более неопределенным при использовании различных методик определения БПК (БПК_3 , БПК_∞ , при различных температурах, степенях насыщения вод кислородом), тогда как при оценке состояния природных вод возникает необходимость связать БПК с той или иной биохимической характеристикой. Частично неоднозначность измеряемых различными методиками величин БПК снимается санитарно-эпидемиологическими разработками последних лет, которые рекомендуют использовать для оценки экологического состояния вод только величину БПК_5^{20} , т. е. потребление кислорода за 5 суток выдержки пробы в герметичной посуде определенного объема из темного стекла при 20 °С [9, 11]. При таком подходе появляется возможность анализировать не только состояние морской среды, но и пространственно-временные характеристики изменений этого состояния.

В качестве объекта исследования выбрана Севастопольская бухта, расположенная на юго-западной оконечности Крымского п-ова и представляющая собой полузамкнутую акваторию эстуарного типа с ограниченным водообменом. В ней выделяют устье р. Черной и 19 малых бухт – Карантинную, Артиллерийскую, Южную, Килен-бухту и др. [3]. Протяженность основной части бухты составляет 7,5 км при максимальной ширине около 1 км. Глубина бухты достигает при входе 20 м и уменьшается до 4 - 5 м к вершине. Средняя глубина бухты составляет 12,5 м. После постройки в 1976 - 1977 гг. защитного мола ширина бухты при входе уменьшилась с 940 до 550 м. Это привело к уменьшению интенсивности водообмена с сопредельной акваторией моря. В следствие чего уменьшились потоки обогащенных кислородом морских вод в бухту и обогащенных органическим веществом речных вод из бухты.

В восточной части (в вершине) в бухту впадает р. Черная – одна из наиболее полноводных рек Юго-Запада Крыма. Ее среднегодовой зарегулированный сток для 1954 - 2000 гг. составлял 56,8 млн. м³, причем 80 % этого стока приходилось на зимние и весенние периоды [4]. Учитывая, что объем вод бухты составляет 79 млн. м³ [7], даже в условиях зарегулированного стока р. Черная оказывает большое влияние на акваторию бухты, что проявляется в постоянном оп-

реснении ее поверхностных вод, а также в поступлении с речным стоком органических и минеральных веществ. При этом опреснение поверхностных вод увеличивает устойчивость вертикальной стратификации и уменьшает интенсивность вертикальной вентиляции вод [5], а поступление с речным стоком органических веществ и биогенных элементов приводит к более интенсивному потреблению кислорода в биогеохимических процессах окисления органического вещества.

Целью настоящей работы является анализ сезонных изменений величин биохимического потребления кислорода (BOD_5^{20}) в водах Севастопольской бухты по результатам гидролого-гидрохимических съемок за 2008 - 2012 гг.

Материалы и методы исследования

При анализе сезонных изменений содержания кислорода использовались результаты 13 экспедиционных исследований Севастопольской бухты, прилегающей к ней акватории открытого моря и реки Черной за период февраль 2008 г. - февраль 2012 г. Распределение станций отбора проб представлено на рис. 1.



Рисунок 1 – Схема районирования Севастопольской бухты с указанием положения и номеров станций отбора проб

проб представлено на рис. 1.

Температура и соленость измерялись *in situ* с использованием СТД-зонда ШИК-1, оснащенного кассетой пластмассовых батометров для отбора проб. Отбор проб с поверхностного горизонта осуществлялся с глубин 0,5 - 1,0 м, с придонного – на расстоянии 1 м от дна.

В отобранных пробах определялись концентрация растворенного кислорода по методу Винклера [12, 13] и биохимическое потребление кислорода по разности начального и конечного содержания растворенного кислорода в склянке согласно [1, 8].

Поскольку распределение гидрохимических характеристик в водах бухты характеризуется значительными пространственно-временными изменениями [4, 5], при анализе учитывалось разделение Севастопольской бухты (рис. 1) на четыре района (западный, центральный, южный и восточный), согласно [4].

Для данных, полученных на станциях одного района, выполнялась аппроксимация внутригодовых изменений функцией вида

$$[BOD_5^{20}] = [\overline{BOD_5^{20}}] + a \sin(2\pi t + \varphi),$$

где $[BOD_5^{20}]$ – величина биохимического потребления кислорода (мл/л),

$[\overline{BOD_5^{20}}]$ – среднегодовая величина биохимического потребления кислорода для данного района (мл/л),

t – время (год). Синусоидальная зависимость была использована аналогично [2, 10].

Результаты и их обсуждение

Величина биохимического потребления кислорода в Севастопольской бухте в различные сезоны 2008 - 2012 гг. в поверхностном слое изменялась в пределах от 0,25 до 1,25 мл/л, в придонном – от 0,15 до 0,90 мл/л, отражая летний максимум и зимний минимум. Учитывая результаты статистического анализа, эти значения могут считаться оценками типичных диапазонов величины биохимического потребления кислорода в водах бухты в различные сезоны в современный период.

Максимум среднего биохимического потребления кислорода в поверхностном слое (рис. 2) отмечается ранее всего в открытом море (в середине мая), затем, спустя 2 - 3 недели, – в водах

Севастопольской бухты и реки Черной (в первой декаде июня). Минимум среднего биохимического потребления кислорода в поверхностном слое также достигается сначала в открытом море (в середине ноября), затем, спустя 2 - 3 недели, – в водах Севастопольской бухты и реки Черной (в первой декаде декабря).

В придонном слое (рис. 3), в отличие от поверхностного, максимальное, так же как и минимальное, среднее биохимическое потребление кислорода достигается в примыкающем районе открытого моря на месяц позже (в третьей декаде июня), чем в водах бухты (в третьей декаде мая).

Как максимальная, так и минимальная, средние величины биохимического потребления растворенного кислорода тем больше, чем ближе к устью реки Черная находится район (соответственно дальше от открытого моря). Что объясняется тем, что река Черная является одним из основных источников аллохтонного органического вещества вод Севастопольской бухты.

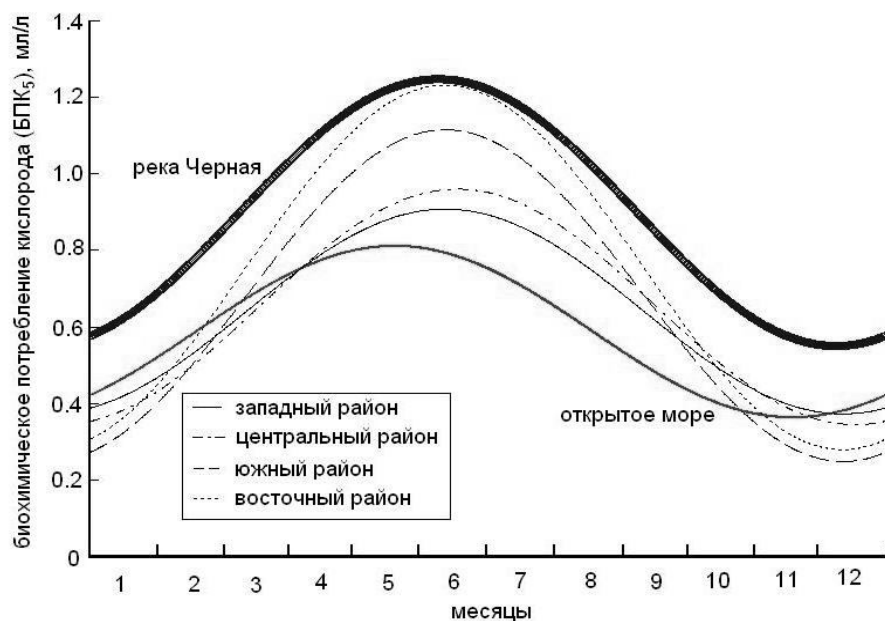


Рисунок 2 – Внутригодовые изменения средней величины биохимического потребления кислорода в поверхностном слое вод различных районов бухты, открытого моря и устья реки Черной по экспедиционным данным

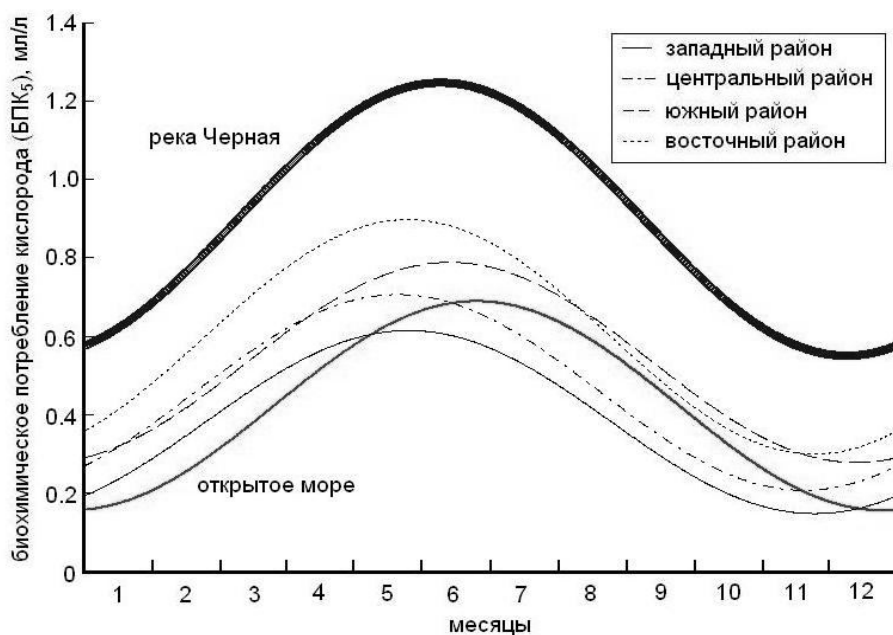


Рисунок 3 – Внутригодовые изменения средней величины биохимического потребления кислорода в придонном слое вод различных районов бухты, открытого моря и устья реки Черной по экспедиционным данным

Сезонные колебания величины биохимического потребления кислорода зависят от ряда параметров: температуры среды, исходной концентрации растворенного кислорода, концентрации и состава органического вещества.

Влияние температуры сказывается через ее воздействие на скорость процесса потребления, которая увеличивается в 2 - 3 раза при повышении температуры на 10 °С.

Влияние начальной концентрации кислорода на процесс биохимического потребления кислорода связано с тем, что значительная часть микроорганизмов имеет свой кислородный оптимум для развития в целом и для физиологической и биохимической активности.

Влияние состава окисляемого органического вещества проявляется в Поскольку скорость биохимического окисления органических веществ различна. К легкоокисляющимся органическим веществам относят формальдегид, низшие алифатические спирты, фенолы,

фурфурол и др. Среднее положение занимают крезолы, нафтолы, ксиленолы, резорцин, пирокатехин, анионоактивные ПАВ и др. Медленно разрушаются такие вещества как гидрохинон, сульфол, неионогенные ПАВ и др.

Заключение

Изменения величины биохимического потребления кислорода в поверхностном и придонном слоях вод Севастопольской бухты имеют выраженную сезонную периодичность. Сезонные колебания величины биохимического потребления кислорода зависят от ряда параметров: температуры среды, исходной концентрации растворенного кислорода, концентрации и состава органического вещества.

Благодарности

В работе использованы данные многолетних экспедиционных исследований, выполненных сотрудниками отдела биогеохимии моря Морского гидрофизического института НАН Украины в рамках национальных и международных проектов. Особую благодарность автор выражает научному сотруднику отдела биогеохимии моря МГИ НАН Украины А.С. Романову за методическую помощь в экспедиционных исследованиях вод Севастопольской бухты. Часть данной работы выполнена в рамках национальных проектов «Океанография», «Стабильная экосистема», «Экошельф» и международного проекта ЕС 7thFP Area 6.4.1.2. ENV.2008.4.1.2.1. (2009 - 2011, HYPOX, #226213) In situ monitoring of oxygen depletion in hypoxic ecosystems of coastal and open seas, and land-locked water bodies (HYPOX).

Литература

1. *Визначення біохімічного споживання кисню після 5 діб (БСК5) // ДСТУ ISO 5815:2004.* – К.: Держспоживстандарт України, 2005.
2. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР // Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности : Черное море / Под ред. А.И. Симонова, Э.Н. Альтмана – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – Т. 4. – Вып. 2. – 219 с.*
3. *Гриневецкий С.Р., Зонн И.С., Жильцов С.С.* Черноморская энциклопедия. – М.: Международные отношения, 2006. – 664 с.
4. *Иванов В.А., Овсяный Е.И., Репетин Л.Н. и др.* Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов. – Севастополь, 2006. – 90 с. – (Препринт / НАН Украины. МГИ).
5. *Кондратьев С.И.* Особенности распределения растворенного кислорода в водах Севастопольской бухты в 2006 - 2007 годах // Морской гидрофизический журнал. – 2010. – № 2. – С. 63 - 76.
6. *Лопухин А.С., Овсяный Е.И., Романов А.С.* Сезонные особенности гидролого-гидрохимической структуры вод Севастопольской бухты, микропланктон и распределение его биохимических компонент // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2007. – Вып. 15. – С. 74 - 109.
7. *Морочковский В.А., Ковальчук Ю.Л.* Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты // Ихтиофауна черноморских бухт в условиях антропогенного воздействия. – К.: Наукова думка, 1993. – С.17 - 24.
8. *Определение биохимического потребления кислорода после n дней (БПК) в природных и сточных водах // Охрана окружающей природной среды и рациональное использование природных ресурсов : Руководящий нормативный документ, КНД 211.1.4.024-95.* – К., 1995. – 25 с.
9. *Постанова Кабінету Міністрів України від 29 березня 2002 р. – № 431.*
10. *Системный анализ и моделирование процессов на шельфе Черного моря / Отв. ред. Б.А. Нелепо.* – Севастополь: МГИ АН УССР, 1983. – 152 с.
11. *Шульгина Е.Ф., Куракова Л.В., Куфтаркова Е.А.* Химизм вод шельфовой зоны Черного моря при антропогенном воздействии. – К.: Наукова думка, 1978. – 124 с.
12. *Carpenter J.H.* The Chesapeake Bay Institute technique for the Winkler dissolved oxygen method // Limnol. Oceanogr. – 1965. – 10. – Pp. 141 - 143.
13. *Winkler L.W.* Die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes // Chem. Ber. – 1888. – 21. – Pp. 2843 - 2855.