

# Экспериментальные и экспедиционные исследования

УДК 551.465

С.И. Кондратьев

## Особенности распределения растворенного кислорода в водах Севастопольской бухты в 2006 – 2007 годах

Обсуждается влияние гидрофизических и биолого-химических процессов на распределение растворенного кислорода в водах Севастопольской бухты в различные сезоны. В зимний период гидрофизические процессы на фоне невысоких скоростей биолого-химических процессов обеспечивают однородное распределение температуры и кислорода. Летом гидрофизические процессы остаются главенствующими, но становится заметным влияние биолого-химических процессов. В осенний период на вертикальное распределение кислорода большее влияние оказывают биолого-химические процессы.

**Введение.** Активное использование Севастопольской бухты в различных сферах народного хозяйства (военный и торговый порт, судоходство и рекреационные цели) определяет повышенный интерес к исследованию различных аспектов состояния морской среды в бухте. В частности, за последние 15 лет был выполнен ряд работ по гидробиологии, характеризующих санитарно-биологическое состояние вод бухты [1 – 3].

В 1998 г. Морской гидрофизический институт и Институт биологии южных морей НАН Украины начали совместные междисциплинарные исследования экосистемы Севастопольской бухты по расширенной сетке станций при финансовой поддержке нескольких проектов *INTAS*. Результаты этих исследований в период 1998 – 2003 гг. представлены в работах [4 – 7].

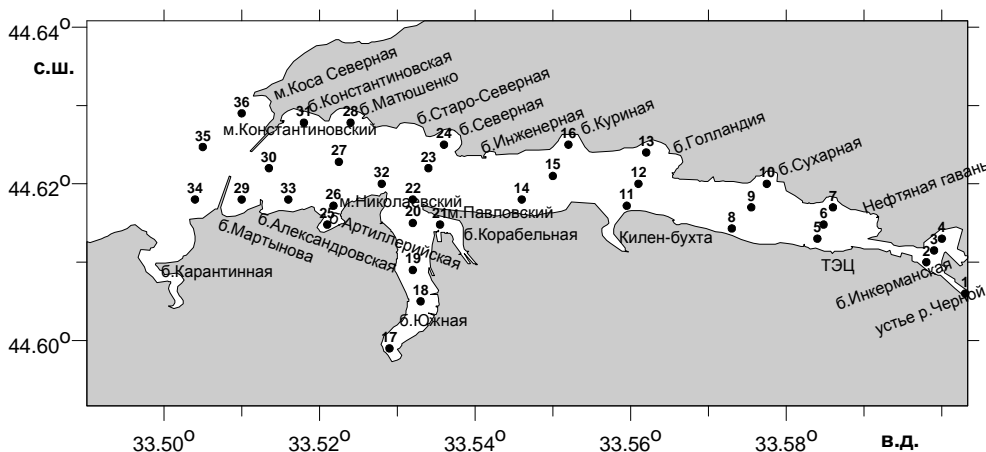
В марте 2003 г. Севастопольским городским советом депутатов была принята к исполнению «Комплексная программа охраны окружающей природной среды, рационального использования природных ресурсов и экологической безопасности г. Севастополя на период до 2010 г.» [8], составной частью которой является экологический мониторинг Севастопольской бухты. Обобщенные результаты совместных междисциплинарных исследований и экологического мониторинга Севастопольской бухты, проводившихся в рамках задач этой Программы в 1998 – 2006 гг., были представлены в монографии В.А. Иванова и др. [9].

В процессе дальнейшего мониторинга Севастопольской бухты в 2006 – 2007 гг. были выполнены три экспедиции по исследованию акватории, в которых было определено содержание в водах различных гидрохимических компонентов. Наиболее важное значение среди гидрохимических характеристик имеет содержание растворенного кислорода, которое во многом характеризует качество морской воды как среды обитания. В данной работе обсуждаются особенности пространственного распределения растворенного

© С.И. Кондратьев, 2010

кислорода для различных гидрологических сезонов: зимы (февраль 2007 г.), лета (июнь 2007 г.) и осени (октябрь 2006 г.), что позволяет проследить качественные внутригодовые изменения распределения кислорода в водной толще Севастопольской бухты.

**Методы исследования и материалы.** Схема расположения 36 станций на акватории Севастопольской бухты представлена на рис. 1. Заборные работы выполнялись с применением STD-зонда ШИК-1 (шельфовый измерительный комплекс), оснащенного кассетой пластмассовых батометров и датчиком кислорода для измерений растворенного кислорода *in situ* с разрешением 0,5 м по вертикали. Технические характеристики каналов температуры, электропроводимости и растворенного кислорода описаны в работе [10]. Для калибровки датчика кислорода на каждой станции отбирались пробы воды с поверхностного и придонного горизонтов. Определение кислорода в пробах методом Винклера выполняли по работе [11].



Р и с. 1. Схема расположения 36 станций на акватории Севастопольской бухты

Вертикальные профили температуры, солёности и кислорода, карты их пространственного распределения и расчеты вертикальных градиентов гидролого-гидрохимических характеристик были выполнены с помощью программы «Гидролог» [12]. При построении графиков вертикального распределения указанных параметров на широтном разрезе вдоль Севастопольской бухты были выбраны ст. №1, 2, 6, 9, 12, 15, 23, 27, 30, 35.

В работе не приводятся карты насыщения вод кислородом, поскольку особенности пространственного распределения содержания кислорода и насыщения вод кислородом качественно совпадали.

**Обсуждение полученных результатов.** Пространственное распределение кислорода в водной толще определяется двумя различными видами процессов: гидрофизическими и биолого-химическими. Из наиболее важных гидрофизических процессов, оказывающих влияние на содержание и распределение химических компонентов, следует назвать: обмен на границах раздела фаз атмосфера – поверхность моря и донные осадки – придонные воды; ветровое, конвективное и адвективное перемешивание; апвеллинг. Наиболее важными биолого-химическими процессами являются образование кислорода

в процессе фотосинтеза и расход кислорода в процессах дыхания и минерализации отмершего органического вещества. Каждый из вышеназванных процессов может иметь преимущественное значение в различных условиях (гидрологический сезон, метеорологическая обстановка). Приступая к анализу особенностей пространственного распределения растворенного кислорода (как и любой другой гидрохимической характеристики), следует предварительно хотя бы кратко проанализировать особенности распределения гидрологических характеристик – температуры и солености.

Для полузакрытой акватории Севастопольской бухты, подверженной антропогенному воздействию, одним из наиболее важных факторов формирования экосистемы, как было показано в работе [7], является гидрометеорологический режим. Он определяет интенсивность водообмена с сопредельной акваторией Черного моря и особенности циркуляции вод внутри бухты, в частности распространение стока пресных вод р. Черной в восточной части бухты. Паводочный характер р. Черной приводит к весьма значительным сезонным изменениям солености поверхностных вод бухты в пределах 11,0 – 17,9‰ [4, 5]. Но, поскольку различия в солености вод бухты (не считая района б. Инкерманской) по данным трех экспедиций 2006 – 2007 гг. не превышали 0,2‰, можно полагать, что из гидрологических характеристик на особенности распределения кислорода в рассматриваемых случаях более влияли особенности распределения температуры, а не солености.

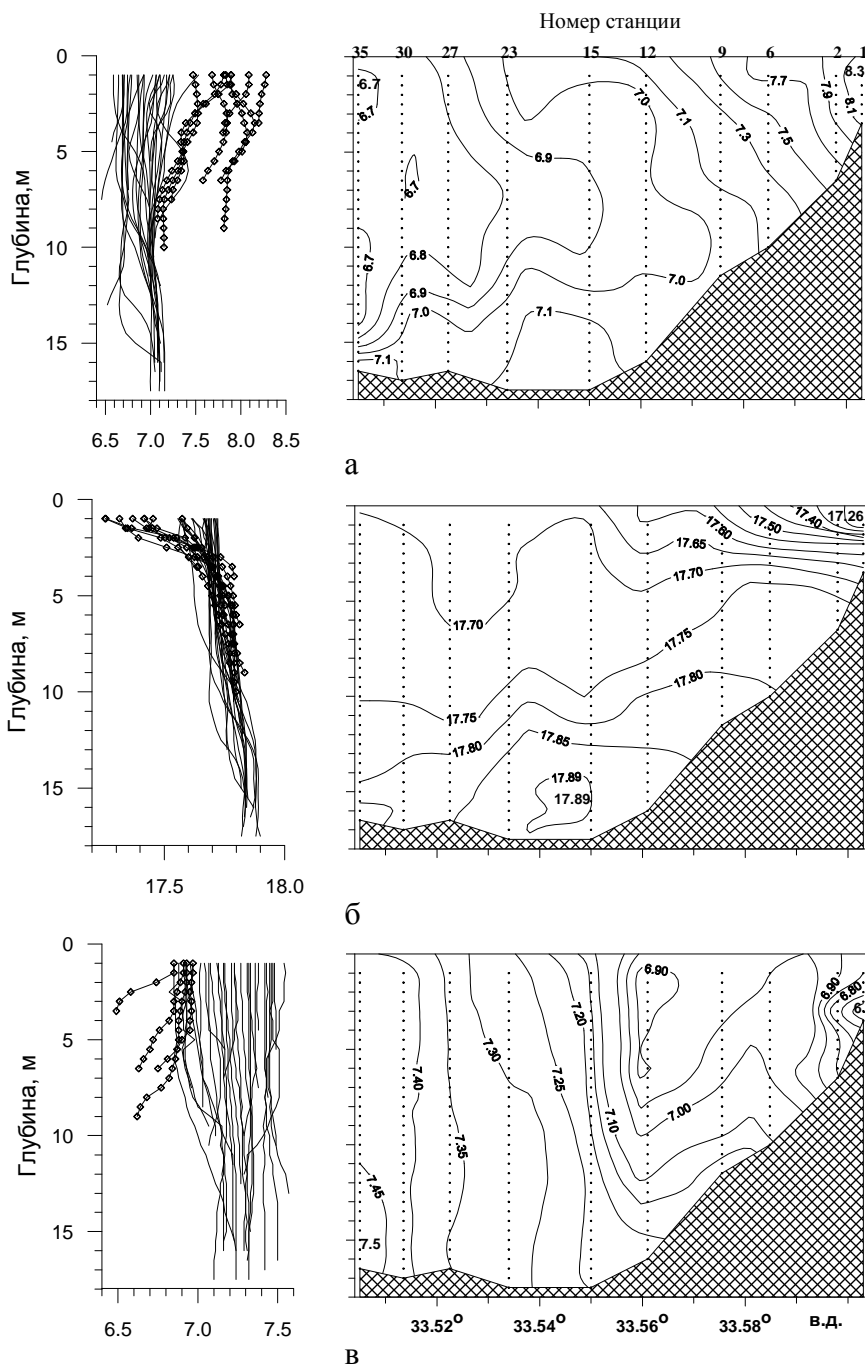
Переходя к обсуждению натуральных материалов, вначале рассмотрим состояние Севастопольской бухты в зимний сезон и далее проследим за изменениями, которые происходили при переходе к лету и осени.

**Зимний период.** В зимнее время года должно происходить интенсивное конвективное опускание охлажденных поверхностных вод, насыщаемых кислородом атмосферы, на фоне не слишком активных процессов фотосинтеза и минерализации. При такой ситуации должно возникать однородное вертикальное распределение гидрологических и гидрохимических характеристик с примерно 100%-ным насыщением вод кислородом.

В самом деле, в феврале 2007 г. наблюдалось однородное распределение температуры (в пределах 6,8 – 7,0°C) и солености (в пределах 17,65 – 17,85‰) по всей толще вод от входа в бухту до б. Голландия (ст. № 12) (рис. 2, а, б). Влияние поступления пресных и более теплых вод р. Черной было заметно на значительном расстоянии от устья реки (от ст. № 1 до ст. № 9), поверхностные воды этой части акватории заметно отличались от остального массива более высокой температурой (выше 7,5°C, максимум 8,3°C на ст. № 1) и меньшей соленостью (минимум 17,26‰ там же).

Поступление пресных теплых вод в феврале 2007 г. наблюдалось также в Южной бухте. Однако для этого района влияние пресноводного стока ограничивалось только кутом бухты – ст. № 17, на соседней ст. № 18 значения температуры и солености поверхностных вод были такими же, как и для остального полигона.

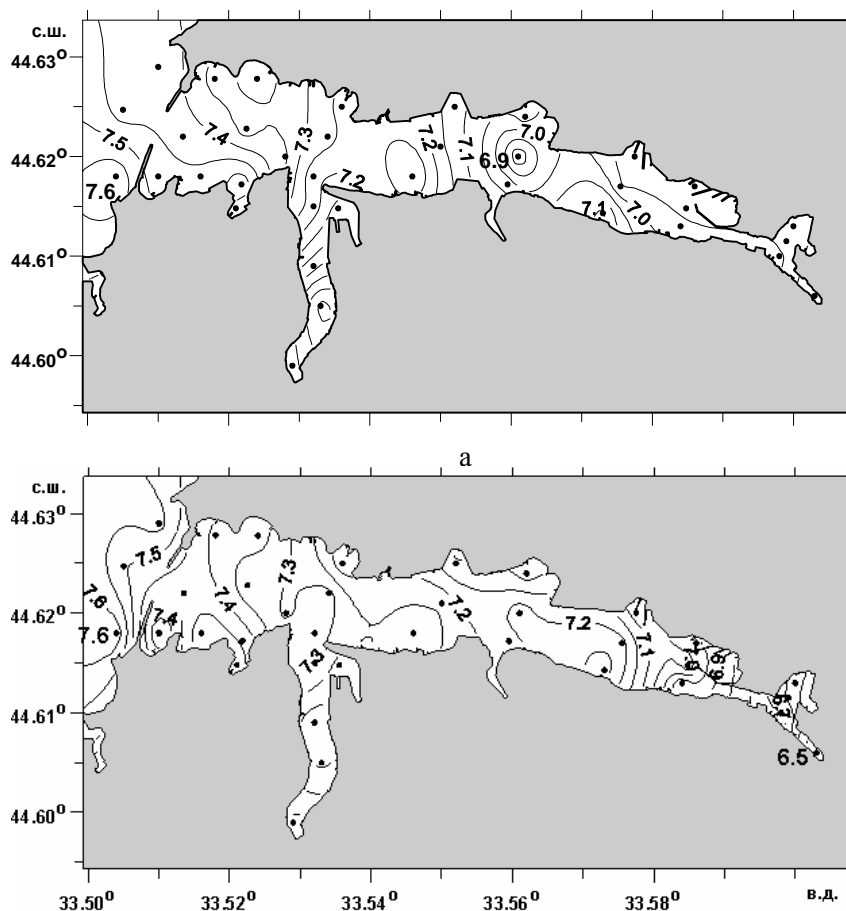
Гидрофизические процессы, обеспечившие однородное распределение температуры от входа в бухту до б. Голландия, также привели к однородному вертикальному распределению кислорода (рис. 2, в), с концентрациями 7,25 – 7,45 мл/л и насыщением 93 – 98% во всей толще вод.



**Р и с. 2.** Вертикальные профили для всех станций и распределение на разрезе: *а* – температуры (°C), *б* – солёности (‰), *в* – растворенного кислорода (мл/л) в феврале 2007 г. (на графиках рис. *а* и *б* символом  $\diamond$  отмечено распределение на ст. № 1 – 7 и 17, на рис. *в* – на ст. № 1 – 4)

феврале, приведшее к тому, что температура поверхностных вод на ст. № 1 – 4 и 17 была примерно на 1°С выше средней по полигону, повлияло также и на распределение кислорода. Содержание кислорода в поверхностных водах на ст. № 1 – 4 и 17 по сравнению с остальной акваторией было примерно на 0,2 – 0,3 мл/л меньше, что как раз соответствует уменьшению растворимости кислорода в воде при повышении температуры на 1°С. Следовательно, распределение кислорода в Севастопольской бухте в зимний период определялось преимущественно гидрофизическими процессами.

В районе б. Инкерманской (ст. № 1 – 4) было отмечено также уменьшение содержания кислорода на 0,5 мл/л по мере увеличения глубины (насыщение вод кислородом в этом районе уменьшилось с 91 – 92% на поверхности до 88 – 89% у дна). Качественно такое же вертикальное распределение кислорода – однородное с насыщением 99 – 101% от входа в бухту до б. Голландия и понижение насыщения в придонных водах в районе б. Инкерманской до 92% – наблюдалось в феврале 1999 г. [7].



Р и с. 1  
горизонте (б) в феврале 2007 г.

б

ЭНОМ

Пространственное распределение кислорода на поверхностном (1 м) и придонном горизонтах (рис. 3, *a*, *б*) отражает однородность вертикального распределения: в обоих случаях наблюдалось постепенное увеличение концентраций от 6,8 до 7,4 мл/л и насыщения от 94 до 97 % по мере продвижения от б. Инкерманской к выходу из Севастопольской бухты.

**Летний период.** Постепенный прогрев водной толщи при переходе к летнему периоду ускоряет процесс фотосинтеза и затрудняет процессы вертикального обмена вследствие возникающей температурной стратификации. Поэтому на вертикальных профилях температуры в июне ожидалось появление верхнего квазиоднородного слоя толщиной 7 – 10 м и слоя скачка температуры и плотности на глубине 7 – 10 м [6]. Интенсификация процессов фотосинтеза при прогреве вод должна была обеспечить пересыщение верхнего квазиоднородного слоя кислородом, тогда как в придонных водах (ниже слоя скачка температуры) мог наблюдаться дефицит кислорода.

Однако результаты натурных наблюдений в июне показали типично летние вертикальные профили температуры. Интенсивный прогрев вод бухты весной 2006 г. привел к тому, что слой скачка температуры отсутствовал (рис. 4, *a*). Вместо этого наблюдалось быстрое уменьшение температуры с глубиной от 24 – 25°C на поверхности до 20°C на глубине 18 – 19 м.

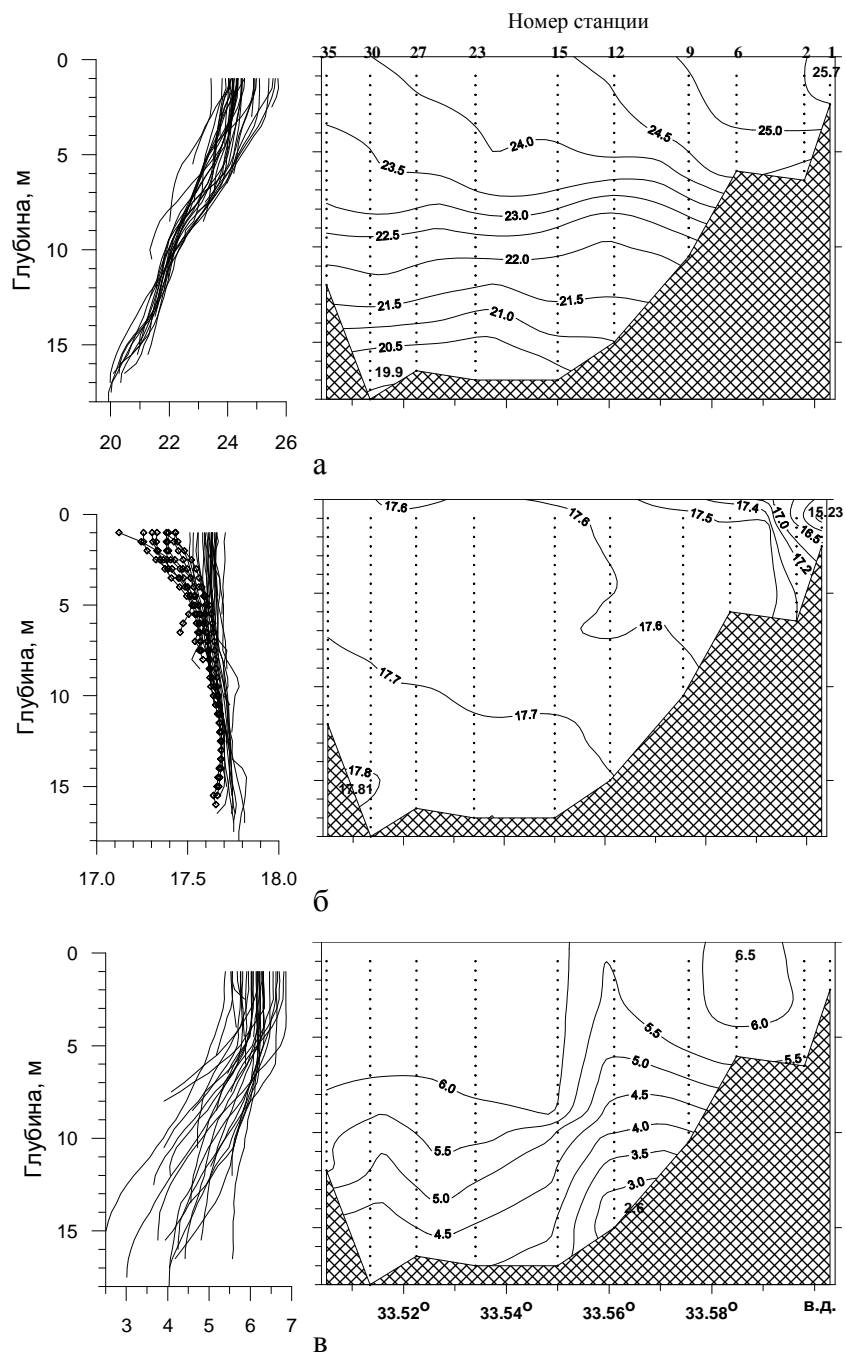
Градиент температуры величиной 0,2 – 0,3°C/м обеспечил практически горизонтальное расположение изотерм на разрезе (рис. 4, *a*), которое несколько искажалось только для мелководного района к востоку от ст. № 6 (т.е. там, где прослеживалось присутствие речного стока, см. далее), где температура поверхностных вод была на 1,5°C выше, чем в других районах.

Распределение солености по вертикали в июне отличалось от февральского не таким значительным проникновением распресненных вод вглубь бухты (рис. 4, *б*). Отличие вертикальных профилей солености от общего массива наблюдалось только для ст. № 1 – 4, а не № 1 – 7, как в феврале, вследствие чего горизонтальное расположение изохалин на разрезе прослеживалось от устья р. Черной только до ст. № 2, а не до ст. № 9. Связано это было, видимо, с запирающим действием северо-западного ветра, препятствовавшего распространению пресноводного стока, что также объясняет меньшую соленость поверхностных вод на ст. № 1 в июне (15,23‰) по сравнению с февралем (17,26‰), хотя в феврале сток р. Черной максимален [7]).

Иная ситуация с распространением пресных вод наблюдалась в Южной бухте (рис. 4, *б*): если зимой распреснение поверхностных вод наблюдалось только на ст. № 17, то в июне влияние пресноводного стока проявилось на большей акватории – на ст. № 18, 19.

Вертикальные профили кислорода в июне были качественно похожи на вертикальные профили температуры, для всех станций отмечено монотонное уменьшение концентраций с глубиной, величина градиента составляет около 0,1 мл/(л · м) (рис. 4, *в*).

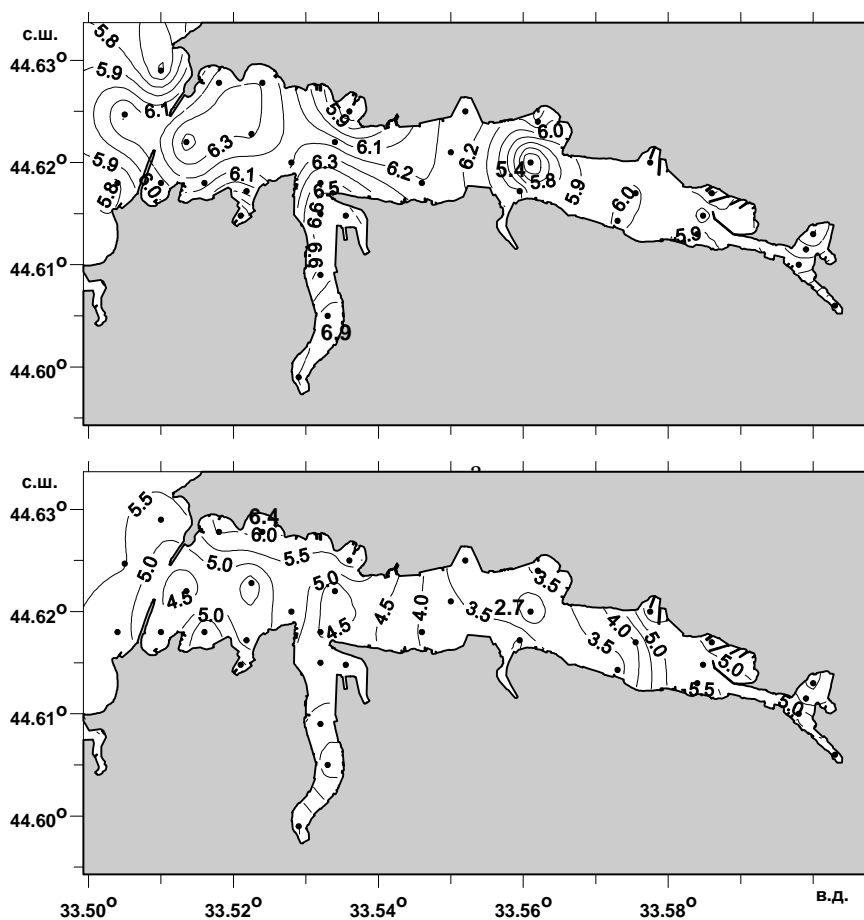
Влияние речного стока на распределение кислорода проявилось в появлении слоя вод толщиной около 5 м с повышенным (более 6 мл/л) содержанием кислорода (рис. 4, *в*), причем этот слой располагался не в приустьевой области (ст. № 1 – 4), а несколько западнее – в районе ст. № 6.



**Р и с. 4.** Вертикальные профили для всех станций и распределение на разрезе: *а* – температуры (°С), *б* – солёности (‰), *в* – растворенного кислорода (мл/л) в июне 2007 г. (на графиках рис. *б* символом  $\diamond$  отмечено распределение на ст. № 1 – 4 и 17 – 19)

Таким образом, речной сток в июне на гидрологические характеристики повлиял непосредственно в районе поступления речных вод, а на содержание кислорода – на некотором удалении от устья. Следовательно, для использования в процессе фотосинтеза биогенных элементов, приносимых речным стоком, потребовалось определенное время.

Расположение изоксиген параллельно рельефу дна на разрезе вдоль бухты искажалось в районе б. Голландия (рис. 4, в). Там же были зафиксированы минимальные значения концентраций кислорода и в поверхностных (5,6 мл/л, насыщение 105%) и в придонных водах (3,0 – 3,5 мл/л, насыщение 45%) (рис. 5, а, б). Такая же картина распределения кислорода по разрезу с искажением параллельности изоксиген в районе б. Голландия наблюдалась ранее в летний период 1999 г. [4]. Наиболее вероятной причиной этого может быть поступление сточных вод расположенного в Килен-бухте судоремонтного завода.



б

**Р и с. 5.** Пространственное распределение кислорода (мл/л) на горизонте 1 м (а) и придонном горизонте (б) в июне 2007 г.



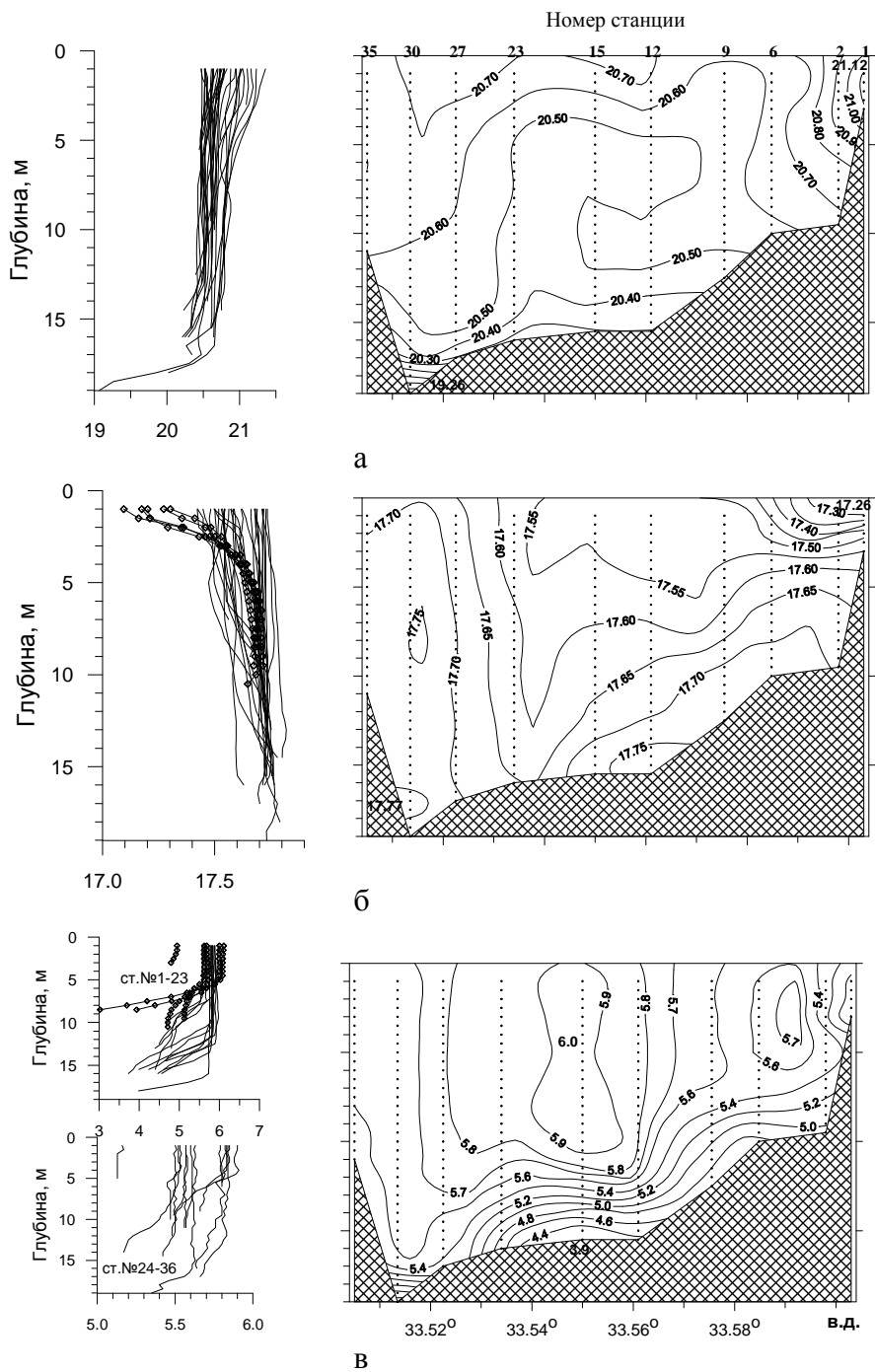
Если в феврале пространственные распределения кислорода в поверхностных и придонных водах бухты практически не отличались, то в июне содержание кислорода на поверхности было значительно (на 1 – 2,5 мл/л) выше, чем у дна (рис. 5, а, б). Поверхностные воды всей бухты были пересыщены кислородом (минимальное насыщение 105%), что отмечалось ранее [4] и является, видимо, характерной чертой вод Севастопольской бухты в летний период. Это косвенно свидетельствует о загрязненности акватории, особенно в Южной бухте, где зафиксировано максимальное содержание кислорода 6,6 – 6,8 мл/л (125 – 129%-ное насыщение). Для сравнения следует отметить, что в б. Инкерманской концентрации и насыщение вод кислородом были ниже, чем в Южной бухте, хотя поступление биогенных элементов со стоком р. Черной и более высокая (на 1,5°C) температура вод в б. Инкерманской должны были обеспечить более высокую скорость процессов фотосинтеза и соответственно более высокое содержание кислорода. Следовательно, можно полагать, что из двух экологически особенно неблагоприятных районов Севастопольской бухты наибольшей антропогенной нагрузке подвергаются воды Южной бухты.

Таким образом, в начале летнего периода влияние биолого-химических процессов стало заметнее, чем зимой. В июне в устье р. Черной (на ст. № 1) 3-метровая толща вод заметно отличалась от окружающих по температуре и солености, но не отличалась по содержанию кислорода, тогда как на ст. № 6 наблюдалась обратная картина – поверхностная линза вод 5-метровой толщины не слишком отличалась от окружающих по температуре и солености, но содержала больше кислорода.

**Осенний период.** Для осеннего периода характерно постепенное охлаждение поверхностных вод, что приводит к возникновению конвективного перемешивания и ослаблению процессов фотосинтеза. Вследствие этого, в зависимости от преобладания тех или иных процессов – перемешивания вод, фотосинтеза и минерализации, могут возникать различные варианты вертикального распределения.

Как показали натурные наблюдения (рис. 6, а), в октябре процесс опускания охлаждающихся поверхностных вод привел к тому, что на всех станциях наблюдалось практически однородное распределение температуры по вертикали в пределах 20,4 – 21,4°C. Только на расположенной возле входа в бухту ст. № 30 в придонном слое (где в бухту поступают воды открытого моря) отмечено понижение температуры до 19,26°C. Таким образом, в феврале и октябре наблюдалось однородное распределение температуры по вертикали, отличавшееся только величиной температуры: в феврале это было около 7°C, в октябре – около 21°C.

Так же, как в феврале и июне, осенью в устье р. Черной (ст. № 1, 2) температура поверхностных вод была несколько (на 0,4°C) выше, чем в остальных районах бухты, хотя максимальная температура при этом отмечена для кута Южной бухты.



**Р и с. 6.** Вертикальные профили для всех станций и распределение на разрезе: *а* – температуры (°С), *б* – солёности (‰), *в* – растворенного кислорода (мл/л) в октябре 2006 г. (на графиках рис. *б* символом  $\diamond$  отмечено распределение на ст. № 1 – 4 и 17, на рис. *в* – на ст. № 1 – 4)

Влияние пресноводного стока на соленость в октябре проявилось для района б. Инкерманской примерно так же, как в июне: вертикальные профили с низкими значениями солености поверхностных вод (верхнего 3-метрового слоя) наблюдались на нескольких станциях (№ 1 – 4) вблизи устья (рис. 6, б). Для Южной бухты распреснение поверхностного слоя вод было отмечено такое же, как и в феврале, только на ст. № 17.

Поступление пресных и более теплых вод р. Черной на фоне конвективного перемешивания привело к тому, что на разрезе вдоль бухты наблюдались два типа расположения изохалин. В западной части бухты от входа в бухту до ст. № 23 изохалины располагались вертикально (значения солености 17,5 – 17,7‰), в восточной части от ст. № 15 до ст. № 1 – параллельно дну.

Вертикальные профили кислорода в октябре также можно разделить на два вида. От входа в бухту до ст. № 23 (т. е. до створа Южной бухты) наблюдались практически неизменные концентрации по вертикали (градиент около 0,01 – 0,02 мл/(л · м)) (рис. 6, в). Для станций восточнее ст. № 23 в Северной бухте и всех станций Южной бухты на вертикальных профилях отмечено уменьшение содержания кислорода на 1,5 – 2,0 мл/л в придонной 3 – 4-метровой толще вод. Особенно контрастно понижение концентраций видно в б. Инкерманской (ст. № 2 – 4) и в кутовой части Южной бухты (ст. № 17).

Такое различие вертикальных профилей привело к тому, что на разрезе вдоль бухты в поверхностных водах наблюдалось вертикальное расположение изооксиген, а в придонных водах к востоку от ст. № 23 изооксигены располагались параллельно дну (рис. 6, в).

Распределение кислорода в поверхностных водах в октябре по всей бухте было весьма однородным (5,7 – 5,9 мл/л, насыщение 100 – 105%) (рис. 7, а), за исключением б. Инкерманской, где отмечены как наименьшее содержание (4,9 мл/л, насыщение 88% на ст. № 1), так и наибольшее (6,1 мл/л, насыщение 107% на ст. № 4). Относительно низкие концентрации (5,6 мл/л, насыщение 101%) отмечены в куте б. Артиллерийской.

В отличие от поверхностного (рис. 7, а) придонное распределение кислорода (рис. 7, б) было весьма неоднородным: в западной части бухты содержание кислорода составляло 5,3 – 5,5 мл/л (96 – 98% насыщения), тогда как к югу и востоку от ст. № 23 концентрация кислорода в придонных водах заметно уменьшалась при увеличении глубины места. К примеру, минимальные значения концентрации 3,0 мл/л и насыщения 53% отмечены в районе б. Инкерманской на глубине 8,5 м, тогда как на соседней станции в устье р. Черной на глубине 3 м содержание кислорода было заметно выше – 4,8 мл/л при насыщении 85%. Аналогично на ст. № 1 в куте Южной бухты на глубине 10,5 м содержалось 4,7 мл/л кислорода при 84% насыщения, а при увеличении глубины до 16 м на ст. № 20 концентрация уменьшалась до 3,7 мл/л, а насыщение – до 66%. Как видно, в данном случае четкая вертикальная стратификация по кислороду наблюдалась в отсутствие вертикального градиента температуры.



ты водами открытой части моря вблизи выхода из бухты, хотя прямое доказательство этого предположения требует информации о придонных течениях.

Оценить то, как влияет температура придонных вод Севастопольской бухты на содержание в них кислорода в условиях осенней гомотермии, можно при сравнении вертикального распределения кислорода в октябре 2006 г. и ноябре 1998 г. [9]. Если в октябре 2006 г. при температуре вод 20 – 21°C распределение кислорода по вертикали в южных и восточных частях бухты было неоднородным, то в ноябре 1998 г. однородному вертикальному распределению температуры, величина которой была около 10°C, соответствовало однородное вертикальное распределение кислорода на всей акватории бухты. Следовательно, в осенний период (при температуре воды 20 – 21°C) роль биолого-химических процессов становится главенствующей в вертикальном распределении кислорода: при однородном распределении температуры в районах бухты с ослабленной динамикой наблюдалась четкая стратификация вод по содержанию кислорода с дефицитом кислорода в 3 – 4-метровой толще вод у дна.

Завершая рассмотрение внутригодовых изменений в распределении кислорода в Севастопольской бухте, следует заключить, что особенности вертикального распределения кислорода качественно могут быть такими же, как и особенности распределения температуры (в феврале и июне), или же значительно от него отличаться (в октябре). В феврале и июне для температуры и кислорода наблюдали соответственно однородное распределение по вертикали и монотонное уменьшение с глубиной, в октябре при однородном вертикальном распределении температуры в районах с ослабленной динамикой вод содержание кислорода в придонных водах было заметно меньше, чем в поверхностных.

Мы полагаем, что сходство или отличия вертикальных профилей температуры и кислорода определяются прежде всего различием в температуре воды. Если в осенне-зимний период температура воды невысока (6 – 10°C), то при замедленных процессах фотосинтеза и минерализации вертикальное распределение кислорода полностью определяется гидрологическими особенностями структуры вод. При более высокой температуре воды (20 – 21°C) в летне-осенний период интенсивные процессы минерализации приводят к тому, что в наиболее плохо вентилируемой части бухты в придонных водах наблюдается значительное уменьшение концентраций кислорода.

Сравнение пространственного распределения кислорода в поверхностных и придонных водах с полученными ранее данными подтверждает предложенное районирование Севастопольской бухты по степени загрязненности вод [9]: наибольшее постоянно проявляющееся загрязнение вод отмечено в Южной бухте; далее следует район возле б. Голландия; наиболее чистым является район от входа в бухту до м. Николаевский.

**Выводы.** В результате выполнения данной работы было показано, что значение гидрофизических и биолого-химических процессов для формирования кислородного режима Севастопольской бухты по-разному проявляется в различные сезоны. В зимний период гидрофизические процессы на фоне невысоких скоростей биолого-химических процессов обеспечивают однородное распределение температуры и кислорода. Летом гидрофизические процессы остаются главенствующими, но становится заметным влияние биолого-химических процессов. В осенний период на вертикальное распределение кислорода основное влияние оказывают биолого-химические процессы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор)* / Под ред. В.Н. Еремеева. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 511 с.
2. *Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алёмов С.В.* Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 185 с.
3. *Gordina A.D., Pavlova E.V., Ovsyany E. I. et al.* Long-term changes in Sevastopol Bay (the Black Sea) with particular reference to the ichthyoplankton and zooplankton // *Estuar., Coast. and Shelf Sci.* – 2001. – 52. – P. 1 – 13.
4. *Овсяный Е.И., Кемп Р.Б., Репетин Л.Н. и др.* Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты в условиях антропогенного воздействия (по наблюдениям 1998 – 1999 гг.) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2000. – С. 79 – 103.
5. *Овсяный Е.И., Романов А.С., Миньковская Р.Я. и др.* Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона // Там же. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2001. – Вып. 2. – С. 138 – 152.
6. *Геворгиз Н.С., Кондратьев С.И., Ляшенко С.В. и др.* Результаты мониторинга гидрохимической структуры Севастопольской бухты в теплый период года // Там же. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2002. – Вып. 2 (6). – С. 139 – 156.
7. *Репетин Л.Н., Гордина А.Д., Павлова Е.В. и др.* Влияние океанографических факторов на экологическое состояние Севастопольской бухты (Черное море) // *Морской гидрофизический журнал.* – 2003. – № 2. – С. 66 – 80.
8. *Комплексная программа охраны окружающей природной среды, рационального использования природных ресурсов и экологической безопасности г. Севастополя на период до 2010 г.* – Севастополь, 2003. – 317 с.
9. *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: МГИ НАН Украины, 2006. – 90 с.
10. *Шельфовый измерительный комплекс ШИК-01* // Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Севастополь: СКТБ МГИ НАН Украины, 1991. – 25 с.
11. *Grasshoff K., Ehrhardt M., Kremling K.* *Methods of Seawater Analysis.* – New York: Verlag Chemie, 1983. – 419 p.
12. *Belokopytov V.N.* «Oceanografer» applied software for oceanographic surveys // *International Symposium on Information Technology in Oceanography / CITO-98, 12 – 16 October, 1998. Abstracts.* – India, Goa, 1998. – P. 79.
13. *Tolmazin D.* Changing coastal oceanography of the Black Sea. I. Northwestern shelf // *Progr. in Oceanogr.* – 1985. – 15. – P. 217 – 276.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,  
Севастополь  
E-mail:skondratt@mail.ru

Материал поступил  
в редакцию 26.11.08  
После доработки 25.03.09

АНОТАЦІЯ Обговорюється вплив гідрофізичних і біолого-хімічних процесів на розподіл розчиненого кисню у водах Севастопольської бухти в різні сезони. У зимовий період гідрофізичні процеси на фоні невисоких швидкостей біолого-хімічних процесів забезпечують однорідний розподіл температури та кисню. Влітку гідрофізичні процеси продовжують переважати, але стає помітним вплив біолого-хімічних процесів. У осінній період на вертикальний розподіл кисню більший вплив роблять біолого-хімічні процеси.

ABSTRACT Influence of hydrophysical and biological-chemical processes upon the dissolved oxygen distribution in the Sevastopol bay waters in different seasons is discussed. In winter period against a background of low rates of biological-chemical processes, hydrophysical processes provide uniform distribution of temperature and oxygen. In summer hydrophysical processes remain predominant, but influence of biological-chemical processes becomes noticeable. In autumn the oxygen vertical distribution is strongly effected by biological-chemical processes.