

С.А.Доценко*, В.В.Адобовский*, В.А.Никаноров*

*Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины, г.Одесса
Одесский национальный университет им.И.И.Мечникова, г.Одесса*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОЛЕННОСТИ ВОДЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОДЕССКОГО РЕГИОНА ЧЕРНОГО МОРЯ

На основании анализа данных многолетних наблюдений показаны основные тенденции изменений температуры и солености воды в прибрежной зоне Одесского региона за последние 20 лет.

Наблюдающиеся в последние годы тенденции изменения климата на планете неизбежно проявляются и на региональном уровне. Поэтому изучение гидрологического режима не только больших акваторий, но и локальных прибрежных зон моря, и, особенно, поиски закономерностей и тенденций временной (короткопериодной и многолетней) изменчивости гидрометеорологических характеристик регионального масштаба приобрели в последнее время особую актуальность.

Узкая прибрежная зона моря в Одесском регионе является районом интенсивной антропогенной нагрузки. Здесь расположен крупнейший портовый комплекс, состоящий из 4-х портов и 2-х судоремонтных заводов. Непосредственно на берегу находятся многочисленные промышленные предприятия.

В узкой прибрежной зоне Одесского региона расположены гидротехнические берегозащитные сооружения, строительство которых началось в 1959 г. В настоящее время существуют 2 очереди общей длиной 14,5 км. Вместе с гидротехническими сооружениями Одесского порта и промышленных предприятий, расположенных на Пересыпи, это составляет около 25 км береговых укреплений, гаваней и бассейнов системы противополневых сооружений Одессы (ПОС). В зоне ПОС действуют 12 выпусков дренажных вод с общим дебитом 50 – 60 тыс. м³·сут⁻¹.

Бассейны гидротехнических сооружений в узкой прибрежной зоне Одесского региона в значительной мере отличаются друг от друга. Большинство акваторий бассейнов разделены траверсами и отделены от моря подводными волноломами. Некоторые имеют вид гаваней, с узким входом и отделены от моря надводными волноломами.

Ежесуточный сброс в море сточных вод на 2-х станциях биологической очистки превышает 1 млн. м³·сут⁻¹. В бассейнах гидротехнических сооружений происходит первичная трансформация сточных, ливневых и дренажных вод, вынос их за пределы узкой прибрежной зоны и дальнейший перенос в береговой зоне моря [1, 2].

Изучение многолетней изменчивости некоторых гидрометеорологических характеристик прибрежной зоны Одесского региона начато в 2002 г. [3, 4].

Материалы и методика. Для выявления тенденций изменений температуры и солености воды Одесского региона в последние 20 лет использо-

ваны данные многолетних гидрологических съемок акватории региона Одесского филиала Института биологии южных морей НАН Украины, а также данные многолетних наблюдений на Морской геофизической лаборатории Одесского государственного экологического университета (МГФЛ ОГЭКУ) и Гидробиологической станции Одесского национального университета им.И.И.Мечникова.

Съемки акватории Одесского региона проводились весной, летом и осенью в период 1988 – 2009 гг. В 2000 – 2004 гг. съемки не проводились и данные за этот период отсутствуют.

Для выявления скрытой в рядах данных межгодовой периодичности были применены методы n -летних средних скользящих отклонений от нормы и разностных интегральных кривых модульных коэффициентов [5]. Способ скользящих средних заключается в преобразовании исходного ряда

X_1, X_2, \dots, X_n в ряд $\frac{1}{m} \sum_1^m X_i; \frac{1}{m} \sum_2^{m+1} X_i, \dots, \frac{1}{m} \sum_{n+1-m}^n X_i$, полученный после ос-

реднения по m последовательных членов первого ряда при $m < n$. Метод скользящих средних представляет собой некоторый «математический фильтр», позволяющий выделять колебания с большой длиной волны, значительно погасив короткопериодные колебания. В преобразованном ряду фаза периодических членов не меняется. Способ вычисления разностной интегральной кривой заключается в том, что сначала для данного ряда наблюдений выполняется вычисление модульных коэффициентов $K = X_i/X_{cp}$, затем определяются их отклонения от середины $K - 1$ и, наконец, производится построение интегральной кривой путем последовательного суммирования этих отклонений по выражению $\Sigma(K - 1) = f(t)$. Таким образом, разностная интегральная кривая представляет собой нарастающую сумму отклонений модульных коэффициентов от среднемноголетнего значения ряда на конец каждого i -го года. Положительные значения отклонений модульных коэффициентов при суммировании за интервал времени дают наклон разностной интегральной кривой вверх относительно горизонтальной линии, а отрицательные их значения – наклон кривой вниз. Наклонные участки характеризуют периоды, когда значения изучаемой характеристики преимущественно либо превышали среднее значение, либо были ниже среднего.

Результаты и обсуждение. На рис.1 показан хронологический ход средних по акватории региона (осреднение по 28-ми станциям каждой съемки) значений температуры воды и солености (для летнего сезона). Хорошо видно, что и в поверхностном и в придонном слое линейные тренды показывают за весь период исследований незначительный рост температуры воды и более существенное уменьшение солености. Такая же картина наблюдается и в весенний период, с той разницей, что отрицательный линейный тренд солености еще более существенный, чем летом. Конечно же, к тому же что приведенным данным следует относиться с осторожностью, так как количество съемок (2 – 3 раза в год) явно недостаточно, чтобы накопить статистически значимые ряды данных и сделать безапелляционные выводы о происходящих изменениях гидрологических условий акватории. Тем не менее, на основании этих результатов была выдвинута гипотеза о существовании в

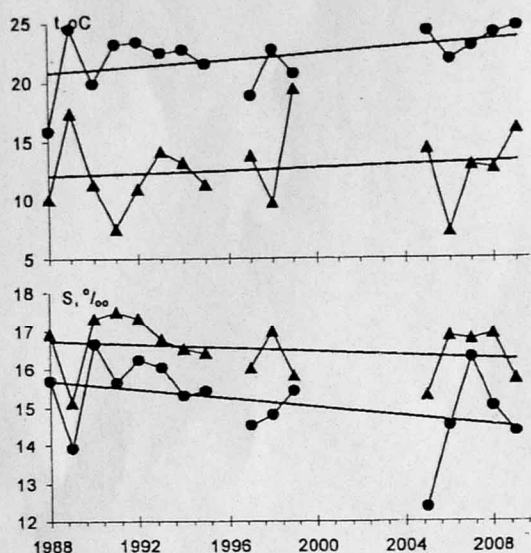


Рис. 1. Средняя для акватории Одесского региона температура и соленость воды поверхностного (—●—) и придонного (—▲—) слоев в летний период.

С помощью построенных методами n -летних средних скользящих отклонений от нормы и разностных интегральных кривых модульных коэффициентов графиков установлено, что с начала наблюдений до конца 80-х гг. среднегодовая температура воды в береговой зоне Одессы постепенно понижалась, а после этого резко начала расти. Такая тенденция сохраняется до настоящего времени. Среднегодовая соленость уменьшалась с начала 50-х до середины 70-х гг., затем наблюдался некоторый период роста до конца 80-х гг. После этого до настоящего времени происходит уменьшение среднегодовых значений солености (см. рис.2).

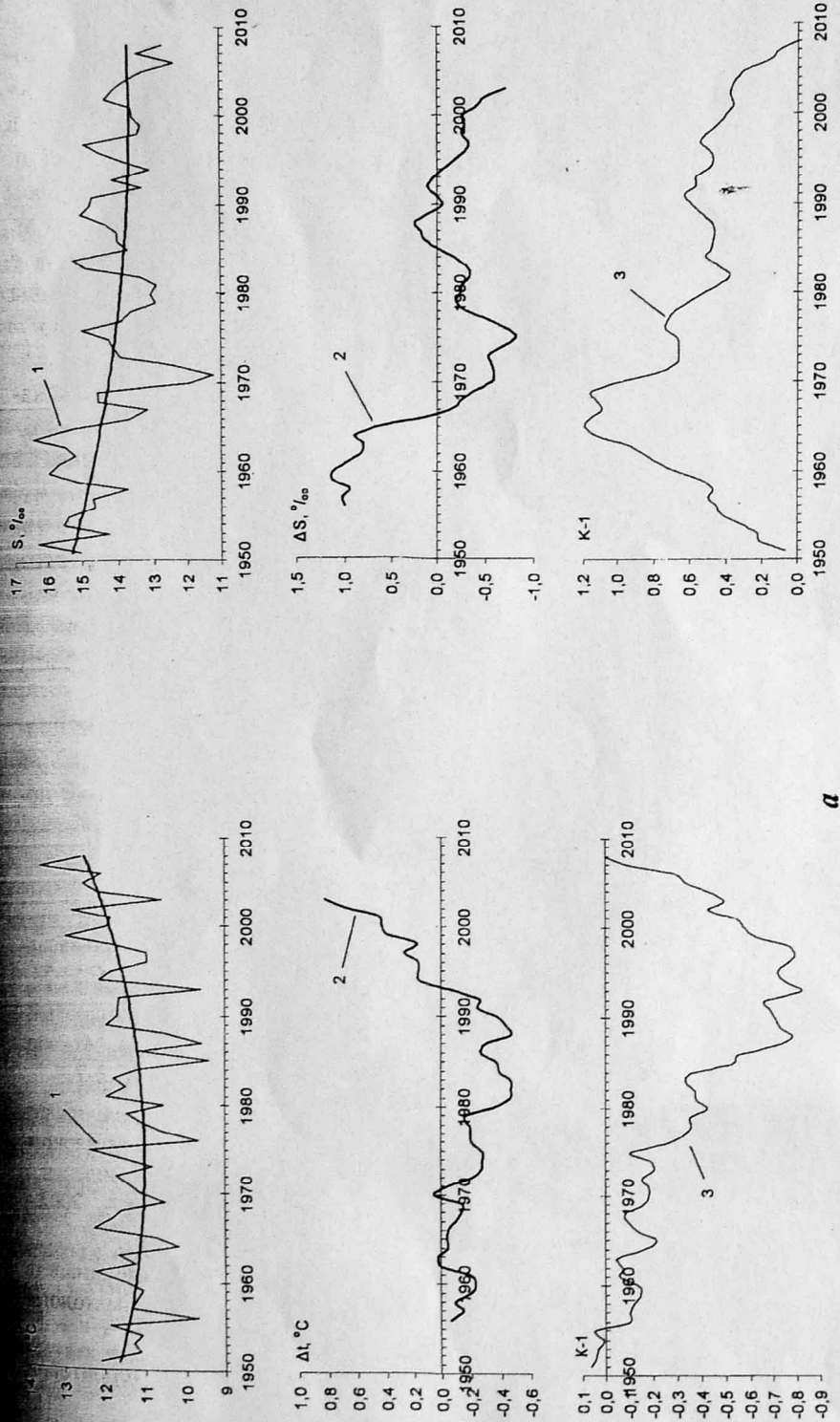
С целью выявления тенденций изменения температуры и солености воды в зоне гидротехнических сооружений был выполнен анализ многолетних наблюдений за этими параметрами в 2 бассейнах, отличающихся по своим характеристикам и расположенных на побережье Одессы в 2,5 км друг от друга.

Первый бассейн (акватория Одесского яхт-клуба) – гавань с входом шириной 50 м, площадью акватории 41 тыс. м² и объемом 125 тыс. м³. Акватория второго бассейна (бассейн 15 – 16 I очереди ПОС) отделена от моря подводным волноломом, средняя углубленность которого от поверхности воды составляет 50 см. В процессе 40-летней эксплуатации волнолом подвергся деформации, максимальная разница в заглублении отдельных блоков составила 60 см. Кроме того, рефулирование около 450 тыс. м³ песка осенью 2007 г. на пляжи и в бассейны системы берегозащиты для их реконструкции, изменили параметры бассейна. Если до реконструкции его площадь составляла 12 тыс. м², а объем 20 тыс. м³, то после отсыпки песка площадь водной поверхности сократилась на 3,6 тыс. м², т.е. на 30 % за счет увеличения площади пляжа. Это в свою очередь ускорило процессы водообмена.

Анализ 20-летнего ряда регулярных наблюдений за температурой и соленостью поверхностного слоя воды показал, что в бассейне с подводным

последние 20 лет тенденции роста температуры воды и уменьшения солености Одесского региона.

Для более точного выявления наметившихся тенденций были привлечены данные МГФЛ ОГЭКУ за весь период наблюдений на этой береговой станции (1951 – 2008 гг.). На графике хронологического хода среднегодовых значений температуры воды полиномиальный тренд 2-ой степени показывает снижение этой характеристики с начала наблюдений до середины 70-х гг., после чего наблюдается постоянный рост (рис.2, а). Тренд на аналогичном графике среднегодовых значений солености показывает уменьшение солености за весь период наблюдений (рис.2, б).



Р и с . 2 . Межгодовые изменения температуры (*а*) и солёности (*б*) воды по данным МГФЛ ОГЭКУ: временной ход средних годовых значений (тренд полиномиальный 2-ой степени) (1); кривая 11-летних средних скользящих отклонений от нормы (2); интегральная кривая модульных коэффициентов (3).

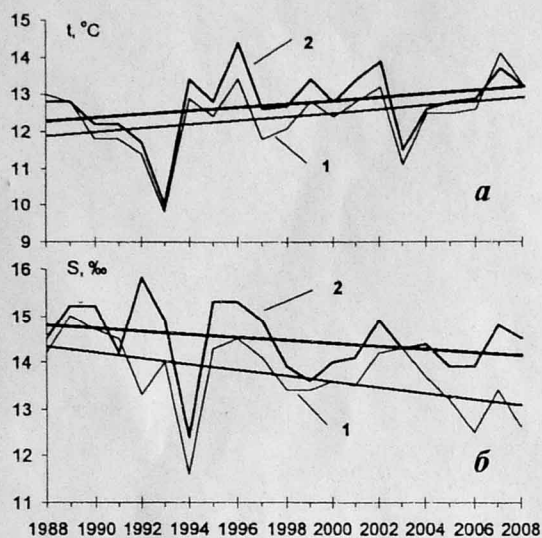


Рис. 3. Временной ход среднегодовых значений температуры (а) и солёности (б) воды поверхностного слоя: акватория бассейна-гавани (Одесский яхт-клуб) (1); акватория бассейна с подводным волноломом (бассейн 15-16 I очереди ПОС) (2).

Вместе с тем, в обеих акваториях, столь различных по характеристикам гидротехнических сооружений, отмечены устойчивые тенденции к росту температуры и понижению солёности поверхностного слоя воды (рис.3).

Выводы. В течение последних 20-ти лет (1988 – 2008 гг.) в узкой прибрежной зоне моря Одесского региона наблюдается устойчивая тенденция потепления и одновременного распреснения вод, о чем свидетельствует постоянное увеличение среднегодовой температуры воды и такое же уменьшение среднегодовой солёности в этот период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адобовский В.В.* Антропогенно преобразованная прибрежная зона // Северо-западная часть Черного моря: биология и экология.– Киев: Наукова думка, 2006.– С.52-58.
2. *Адобовский В.В., Никаноров В.А.* Дренажные воды как фактор гидрологического режима береговой зоны моря // Екологічні проблеми Чорного моря. Міжнарод. наук.-практ. конф., 31.05-1.06 2007 р., Одеса.– Одеса: ІНВАЦ, 2007.– С.3-7.
3. *Доценко С.А., Адобовский В.В., Михалечко Ю.Е.* Многолетняя изменчивость температуры и солёности воды в Одесском регионе северо-западной части Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2002.– вып.1(6).– С.58-64.
4. *Доценко С.А., Рубан И.Г.* Многолетняя и внутривековая изменчивость температуры и солёности воды у берегов Одессы // Метеорологія, кліматологія та гідрологія.– 2002.– вип.46.– С.332-337.
5. *Афанасьев А.Н.* Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР.– М.: Наука, 1967.– 232 с.

Материал поступил в редакцию 5.11.2009 г.

волноломом средние значения температуры и солёности воды выше, чем в бассейне типа гавани. Основным фактором, влияющим на изменение значений температуры и солёности, является скорость водообмена, которая в бассейне с подводным волноломом в 5 – 6 раз выше, чем в гавани. Кроме того, в бассейн-гавань ежедневно поступает около 800 м³ дренажных вод с постоянной в течение года температурой воды 14 – 15 °С и минерализацией 1,4 – 1,5 г·дм³, что безусловно оказывает некоторое влияние на термохалинные характеристики поверхностного слоя воды в бассейне.

Средние за 1988 – 2008 гг. значения температуры воды в гавани на 0,4 °С и на 0,8 ‰ ниже, чем в бассейне с подводным волноломом.