

М.А.Попов*, А.И.Чепыженко**, И.Ю.Еремин*

*Институт биологии южных морей НАН Украины, г.Севастополь

**Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДАХ БАЛАКЛАВСКОЙ БУХТЫ ГИДРООПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

Использование гидрооптических методов позволило картографировать распределение оптически активных загрязняющих веществ в водах Балаклавской бухты. Представлены карты пространственного распределения температуры, солёности, общего взвешенного и растворённого органического веществ, а также растворённых нефтепродуктов в морской воде по результатам съёмки 21 сентября 2004 г.

Балаклавская бухта занимает особое место в системе Севастопольских бухт. Уникальные природно-климатические условия, географическое положение, морфометрические характеристики, история бухты открывают широкие возможности для развития курортно-рекреационного комплекса. Демилитаризация бухты привела к значительному улучшению экологического состояния акватории. Сравнение результатов комплексных экологических съёмок Балаклавской бухты по гидрохимическим показателям, проведенных Институтом биологии южных морей НАН Украины (ИнБЮМ) в 1991 – 1993 гг. и в 2000-2001 гг., позволили сделать вывод о снижении концентрации биогенных веществ, в среднем, в три раза. Однако, существующий уровень биогенных веществ в водах бухты на порядок превышает средние значения характерные для открытых частей Черного моря [1].

Исследования, проведенные ИнБЮМом в июле 1992 г., показали, что содержание нефтепродуктов в морской воде в одной и той же точке бухты может изменяться от нижних значений предельно-допустимых концентраций (ПДК) до 10 ПДК и выше. Наибольшие концентрации нефтепродуктов наблюдались в кутовой части бухты [2].

По результатам мониторинга, проведенного Морским отделением Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института (МО УкрНИГМИ), в 2001 – 2002 гг. воды Балаклавской бухты оценивались как загрязненные. Основной вклад в индекс загрязненности вод (ИЗВ) вносили нефтепродукты [3].

В настоящее время бухта испытывает сильный антропогенный пресс, который может значительно усилиться в результате дальнейшего рекреационного и хозяйственного освоения бухты. По материалам Госуправления по экобезопасности и охране природной среды г.Севастополя, объем поступающих неочищенных сточных вод в бухту составляет 4,4 млн. м³/год, из которых 3 млн. м³/год поступает через главный коллектор, расположенный непосредственно у входа в бухту на глубине 10 м [1] (рис.1). Работы, проводимые ИнБЮМом и МО УкрНИГМИ в Балаклавской бухте, показали, что

© М.А.Попов, А.И.Чепыженко, И.Ю.Еремин, 2005

при определенных гидрометеорологических условиях (ветра южных румбов, западные вдольбереговые течения, нагонные ситуации и компенсационные гравитационные течения после стгонных ситуаций) наблюдается шлейф трансформированных сточных вод от главного канализационного коллектора, направленный в бухту [1, 3, 4].

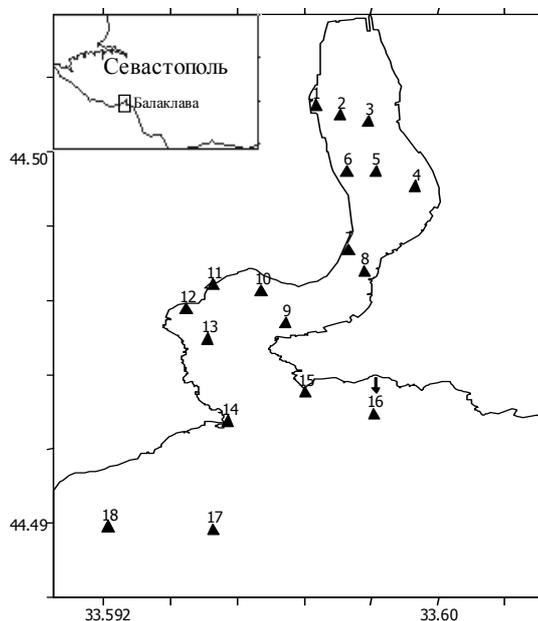
Цель настоящей работы – определение пространственного распределения и концентрации оптически активных загрязняющих веществ в водах Балаклавской бухты методом спектрального анализа показателя ослабления направленного света.

Материалы и методы.

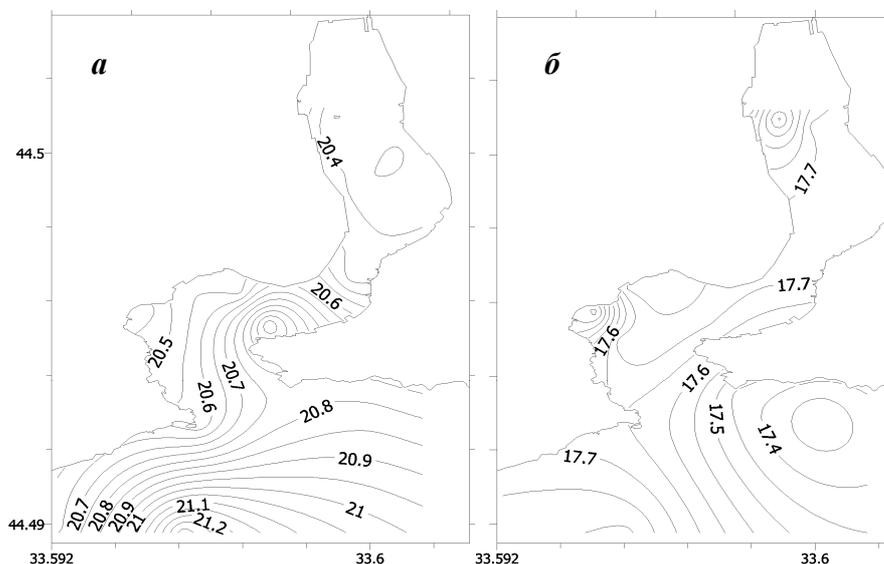
Съемка Балаклавской бухты была проведена 21 сентября 2004 г. с борта 4-х местного яла. Координаты станций определялись с помощью спутниковой навигационной системы *GPS-12, GARMIN*. На 18 станциях (рис.1) осуществлено *CTD*-зондирование автономным комплексом «Катран» от поверхности до дна. Результаты *CTD*-съемки записывались и обрабатывались в режиме реального времени с помощью портативного компьютера. На этих же станциях отобрано 36 проб воды на поверхности и в придонном горизонте. В придонном горизонте пробы отбирали батометром БМ-48. Измерения спектрального показателя ослабления направленного света (прозрачности) водной среды проводились с помощью измерителя «ОСА» [5]. В пробах воды определялись следующие показатели: общее взвешенное вещество, растворенное органическое вещество и растворенные нефтепродукты. При определении концентраций оптически активных компонентов, содержащихся в водной среде и определяющих ее спектральное распределение, были использованы спектрофотометрической методики [6 – 8].

Обсуждение результатов. Съемка проходила в маловетреную погоду (1 – 2 м/с), при неустойчивом направлении ветра. Течение, определенное по сносу яла во время работы на станциях, было направлено в бухту у восточного, и выходило из бухты у западного берега. Наибольшие скорости (до 20 см/с) течения наблюдались в самой узкой части бухты (ст.8), причем у западного берега скорость течения была в два раза ниже, чем у восточного.

CTD-съемка показала практически гомогенное распределение температуры в водах бухты, как по вертикали, так и по горизонтали. Температура на поверхности возрастала от 20,4 ° в кутовой части бухты до 21,4 °С на самой мористой станции (рис.2, а). Мощность верхнего квазиоднородного



Р и с . 1 . Схема станций съемки Балаклавской бухты, выполненной 21 сентября 2004 г. (стрелкой обозначен выпуск хозяйственно-бытовых вод Балаклавы).



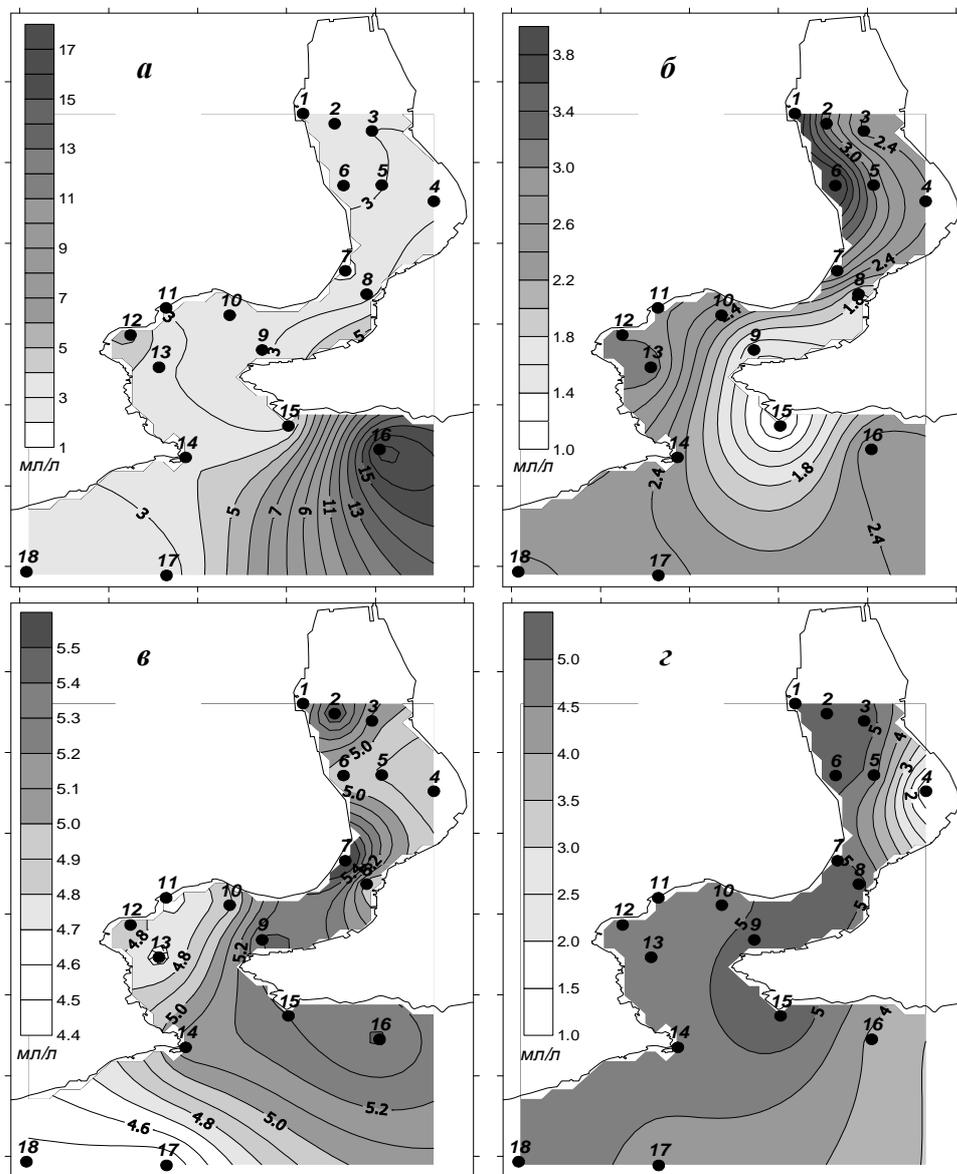
Р и с . 2 . Пространственное распределение температуры (а) и солености (б) на поверхности Балаклавской бухты 21 сентября 2004 г.

слоя достигала 25 м, глубже наблюдался достаточно «размытый» термоклин. Такое распределение температуры воды характерно для юго-западного побережья Крыма во время начала осеннего выхолаживания и конвективно-ветрового перемешивания, когда мелководные акватории остывают быстрее, чем более глубоководные, а сезонный термоклин достигает наибольшей глубины [9]. Соленость на поверхности менялась от 17,3 до 17,81 ‰. Рассмотрев площадное распределение солености на поверхности (рис.2, б), можно выделить три зоны распределения вод:

- кутовая часть бухты: соленость 17,43 ‰ (поступление пресных вод р.Балаклавки);
- самая западная точка бухты (ст.12): соленость 17,33 ‰ (поступление пресных вод от Георгиевского субмаринного источника [10] и поверхностных родников);
- на выходе из бухты (ст.16): соленость 17,3 ‰ (влияние основного выпуска хозяйственно-бытовых сточных вод Балаклавы).

Шлейф опресненных вод от р.Балаклавки в кутовой части бухты был прижат к западному берегу за счет течения, о котором упоминалось выше. Распресненные воды были немного холоднее (на 0,15 °С) подстилающих более соленых вод. На глубине 1 м соленость в зонах распреснения не отличалась от ближайших станций. Увеличение солености с глубиной на мористых станциях имело ступенчатый характер.

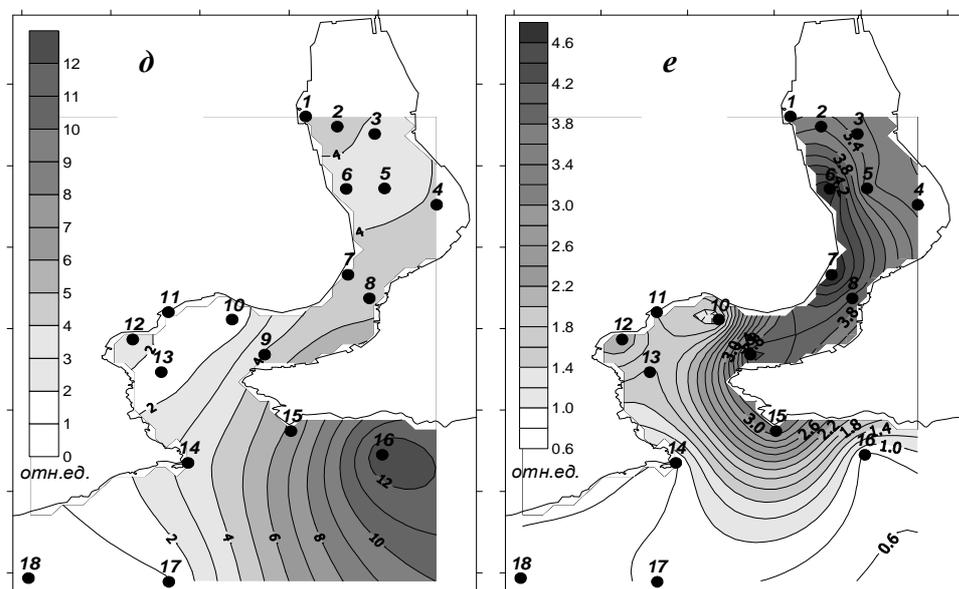
Распределение на поверхности общего взвешенного вещества (ОВВ) имело четко выраженный максимум (17 мг/л) на ст.16 – районе главного выпуска хозяйственно-бытовых вод. Несколько повышенные содержания ОВВ наблюдались в кутовой части бухты и в районе Георгиевского субмаринного источника (ст.12): 4,5 и 5,3 мг/л соответственно. Наименьшие величины ОВВ обнаружены в самой узкой части бухты (ст.7), где они составляли 1,2 мг/л (рис.3, а).



Р и с . 3 . Пространственное распределение общего взвешенного вещества (мг/л) (*a*, *б*), растворенного органического вещества (мг/л) (*в*, *г*) и растворенных нефтепродуктов (отн.ед.) (*д*, *е*) в верхнем (слева) и придонном (справа) слоях акватории Балаклавской бухты (21 сентября 2004 г.).

В придонном слое концентрация ОВВ была намного ниже, чем в поверхностном слое. Максимальные концентрации обнаружены в кутовой части бухты и составляли 4,2 мг/л, минимальные на ст.9 и 15: 1,0 и 1,1 мг/л соответственно. Распределение ОВВ здесь носило более равномерный характер, чем на поверхности (рис.3, *б*).

Для концентрации растворенного органического вещества (РОВ) на поверхности максимум (12 мг/л) наблюдался в зоне работы главного канали-



Продолжение рис.3.

зационного коллектора. Повышенные концентрации РОВ были обнаружены в кутовой части бухты (5,3 мг/л), а также на ст.7 – 9 (4,3 – 4,5 мг/л) (рис.3, *е*).

В придонном слое максимальные значения РОВ составляли (4,8 мг/л) и были обнаружены на ст.6 и 7 (рис.3, *з*). Необходимо отметить, что район Георгиевского субмаринного источника выделялся небольшим повышением РОВ относительно близлежащих станций как на поверхности, так и в придонном горизонте.

Максимальное содержание растворенных нефтепродуктов (РН) в поверхностном слое обнаружено в местах стоянки судов: яхт-клуб (ст.7), причальная линия на выходе из бухты (ст.9), кутовая часть бухты (ст.2), а также в районе выпуска хозяйственно-бытовых вод (ст.16 и 15) (рис.3, *д*). По данным 2001 – 2002 гг., приведенным в [2], максимальное содержание нефтепродуктов (до 11 ПДК) в поверхностных водах Балаклавской бухты наблюдалось в зоне работы выпуска хозяйственно-бытовых сточных вод.

Максимумы концентрации РН в придонном слое наблюдались в кутовой части бухты, на ст.7 – 9 и 15.

Выводы:

1.Наибольшие концентрации общего взвешенного вещества, растворенного органического вещества и растворенных нефтепродуктов были обнаружены в районе основного выпуска хозяйственно-бытовых сточных вод г.Балаклава.

2.Увеличенные концентрации растворенных нефтепродуктов наблюдались в местах стоянки судов.

3.В придонном слое концентрации общего взвешенного и растворенного органического веществ были намного ниже чем в поверхностном слое, а концентрации растворенных нефтепродуктов были сопоставимы в придонном и поверхностном горизонтах.

Авторы выражают благодарность Лисицкому А. О. за предоставленное плавсредство и высокие профессиональные качества капитана при выполнении съемки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ковригина Н.П., Попов М.А., Лисицкая Е.В., Сеничева М.И., Субботин А.А.* Оценка антропогенного воздействия и сгонно-нагонных явлений на экологическое состояние вод Балаклавской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– вып.8.– С.105-114.
2. *Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алемов С.В.* Комплексные экологические исследования Балаклавской бухты // Экология моря.– 1999.– 49.– С.16-20.
3. *Мезенцева И.В., Чайкина А.В., Клименко Н.П.* Современный уровень загрязнения вод акватории Балаклавской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– вып.8.– С.115-118.
4. *Ациховская Ж.М., Субботин А.А.* Динамика вод Балаклавской бухты и прилегающей акватории Черного моря // Экология моря.– 2000.– 50.– С.5-8.
5. *Чепыженко А.И.* Оптический спектральный анализатор // Экологические системы и приборы.– М.: Научтехлитиздат, 2002.– 5.– С.6-10.
6. *Оптика океана / Под ред. А.С.Монина.*– М.: Наука, 1983.– 372 с.
7. *Clark D.K.* MODIS. Algorithm Theoretical Basis Document, Bio-Optical Algorithms, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite Service, Washington, D.C. 20233, Version 1.2.
8. *Ocean Optics Protocols For Satellite Ocean Color Sensor Validation, Revision 2.* G.S.Fargion, J.L.Mueller, San Diego, California, NASA, Goddard Space Flight Space Center, Greenbelt, Maryland 20771, August 2000.
9. *Блатов А. С., Иванов В.А.* Гидрология и гидродинамика шельфовой зоны Черного моря (на примере Южного берега Крыма).– Киев: Наукова думка, 1992.– 244 с.
10. *Зима В.В., Шаповалов И.Ю., Щетинин Ю.Т.* Результаты опытной эксплуатации автономного гидрозонда МГИ 4117 // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь. ЭКОСИ-Гидрофизика, 2000.– С.334-338.

Материал поступил в редакцию 10.03.2005 г.
После доработки 14.04.2005 г.