

ДОННЫЙ ФИТОЦЕНОЗ В АКВАТОРИИ ОТ МЫСА БАЛАКЛАВСКОГО ДО МЫСА АЙЯ И ЕГО ВКЛАД В ПРОЦЕССЫ САМООЧИЩЕНИЯ

С.А.Ковардаков., Н.П.Ковригина,
М.А.Изместьева

Институт биологии южных морей
НАН Украины
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2
E-mail: arsak@bios.iuf.net

Рассматривается видовой состав, запасы и распределение макроводорослей донного фитоценоза в прибрежной акватории от м. Балаклавского до м. Айя. В акваторию сбрасываются неочищенные хозяйственные сточные воды Балаклавы. Приводятся концентрации биогенных элементов и других гидрохимических показателей в акватории. Дается оценка участия фитоценоза в процессах самоочищения – аэрации воды и изъятия минеральных фосфора и азота.

Введение. Проблема сохранения и использования Чёрного моря и его биопродукционных систем приобретает все большую актуальность в связи с увеличением антропогенного воздействия. Растущее эвтрофирование прибрежной зоны является одной из важных составляющих этого воздействия. Прибрежная зона – зона наибольших пользовательских интересов человека. Это зона высокого биопродукционного потенциала, зона рекреации и развития аквакультуры. Поэтому чистота прибрежных вод имеет важное значение.

В морских прибрежных экосистемах донные макроводоросли играют главную роль в поддержании качества водной среды, осуществляя изъятие из воды биогенные элементы, насыщая воду кислородом необходимым для окисления растворенных органических веществ [1]

В последние годы Балаклава и прилегающие к ней территории интенсивно осваиваются. Нагрузка возрастает и на сушу и на море. Для выявления динамики изменений в процессе освоения наземных и водных участков этого района необходимы многолетние комплексные исследования, которые по объективным причинам до недавнего времени не проводились. Такая возмож-

ность появилась с 1992 г., тогда же была проведена съемка прибрежного фитоценоза и гидрохимическая съемка в акватории от м. Балаклавского до м. Айя (юго-запад Крымского полуострова, открытый берег юго-восточнее Балаклавской бухты), что можно считать началом мониторинга данной акватории. Изучалось участие донного фитоценоза в процессах самоочищения в акватории. Оценивалось текущее экологическое состояние морской прибрежной экосистемы с учетом гидрологии, гидрохимии и выпусков хозяйственных сточных вод.

Критерием оценки служило соответствие между биогенной нагрузкой, испытываемой донным фитоценозом прибрежной акватории и его потенциальной способностью справиться с этой нагрузкой.

Материал и методика. Исследования проводились в прибрежной акватории по изобате 20 м, где сосредоточены основные запасы донной многоклеточной растительности – главного поставщика кислорода и очистителя воды от биогенных элементов. Район исследований и участки отбора проб показаны на рис. 1:



Рис. 1 - Район исследований и участки отбора проб (пояснения в тексте).

Акваторию произвольно разбили на 5 участков - А, Б, В, Г, Д, на которых отбирали пробы. Протяженность береговой ли-

нии более 9 км. В таблице 1 приведены площади и объемы участков и всей акватории, рассчитанные по изобатам на карте.

В морской воде и в неочищенных хозяйственных стоках по стандартным гидрохимическим методикам [2, 3] определялись следующие параметры: растворенный кислород (относительное и абсолютное содержание), фосфор органический и минеральный, азот органический, нитритный, нитратный и аммонийный, БПК₅ и окисляемость. Гидрохимические исследования включали в себя три съемки в 1992 году, проведенные 25 августа, 7 сентября и 10 декабря, а также съемку, выполненную 20 февраля 1991 г. по всей толще вод от Васильевой балки до Золотого пляжа.

Контрольная точка (условно-чистая вода) находилась в 3,3 милях от берега. Пробы отбирались по поверхности и на стандартных горизонтах 0, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 метров.

Фонды растворенного в воде кислорода, минеральных форм фосфора и азота рассчитывали по данным гидрохимических съемок.

Запасы макрофитов рассчитывали по результатам съемки фитоценоза. Отбор проб проводили по всей акватории. На участках: А, Б, В, Г, Д (рис. 1), с глубин 1, 3, 7, 12 м были отобраны 80 количественных проб макроводорослей (размер рамки 50x50 см). При этом на каждом участке учитывались: средняя ширина зарослей, проективное покрытие, средняя биомасса и суммарная биомасса макрофитов (табл.1). Пробы макрофитов разбирали по видам, отдельно взвешивали. Коэффициент проективного покрытия оценивали визуально. По результатам съемки макроводорослей определили средний вклад доминирующих и наиболее часто встречающихся видов в биомассу донного фитоценоза. Все это позволило рассчитать запасы макрофитов на участках и в акватории в целом.

Расчет кислородной аэрации воды макрофитами проводили по уравнению фотосинтеза в соответствии с величинами удельной поверхности макрофитов и их запасами на каждом участке:

$$P_0 = \sum_{i=1}^n (1,175 \cdot (S/W)_i^{0,8} \cdot B_i) \quad (1)$$

где P_0 – величина кислородной аэрации фитоценозом, т·сут⁻¹; $(S/W)_i$ – величина

удельной поверхности i -го вида макрофитов, мм²·мг⁻¹; B_i – запасы i -го вида в акватории, т; n – количество видов макрофитов в фитоценозе.

Расчет изъятия водорослями из воды минеральных форм фосфора и азота проводили по суточному приросту макрофитов в акватории и содержанию азота и фосфора в водорослях [4]. В среднем для всех видов макрофитов из исследуемой акватории содержание азота приняли равным 3%, а фосфора – 0,3% от их сухой массы. Суточный прирост водорослей находили по уравнению (2):

$$\Delta B_i = \mu_w^{\text{рост}} \cdot B_i \quad (2)$$

где ΔB_i – суточный прирост биомассы i -го вида, т·сут⁻¹

B_i – запасы i -го вида в акватории, т;

$\mu_w^{\text{рост}}$ – удельная скорость роста водорослей, сут⁻¹ [5]:

$$\mu_w^{\text{рост}} = 0,00333 \cdot (S/W_i)^{1,02} \quad (3)$$

где $\mu_w^{\text{рост}}$ – удельная скорость роста водорослей, сут⁻¹;

S/W_i – величина удельной поверхности i -го вида макрофитов, мм²·мг⁻¹.

Результаты и обсуждение. Одним из основных, а в некоторых ситуациях главным фактором, определяющим экологическую ситуацию и качество воды в акваториях, является присущий им гидрологический режим.

Для исследуемой акватории характерны приглубые берега, что в свою очередь сказывается на гидродинамике прибрежных вод. В летнее время в мористой части преобладают вдольбереговые восточные-юго-восточные течения со средней скоростью 15–20 см·с⁻¹, а в узкой прибрежной полосе – западные-северо-западные [6]. В прибрежной зоне в июле-сентябре преобладает восточный-юго-восточный перенос поверхностных вод [6]. Благодаря течениям, вода здесь хорошо обменивается. Кроме того, характерны явления апвеллинга, с типичными для летнего периода понижениями поверхностной температуры и подъемом глубинных вод с повышенным содержанием фосфатов. Изредка, при западных типах атмосферной циркуляции в периоды сгонов, сточные воды Балаклавы могут достигать района "Золотого" пляжа (участок Б) и далее, значительно теряя концентрацию примесей.

Важной особенностью акватории является постоянная антропогенная нагрузка со

Таблица 1 - Физические параметры акватории от м. Балаклавского до м. Айя до по изобате 20 м и некоторые характеристики донного фитоценоза.

Участок	Длина участка, км	S площадь, га	V объем воды, км ³	S _{зар.} площадь зарослей, га	D _{зар.} средняя ширина зарослей, м	ПП, проективное покрытие, %	W, средняя биомасса, кг·м ⁻²	W _Σ , суммарная биомасса, (запасы) т
А	2	50,1	0,0050	15,8	79	50	4,72	373
Б	1,5	69,9	0,0070	13,5	90	50	6,38	431
В	1,5	45,4	0,0045	11,9	79	70	5,44	451
Г	1,7	18,6	0,0019	11,1	65	60	5,40	358
Д	2,7	13,2	0,0013	6,0	22	60	5,83	210
ИТОГО:	9,4	197,2	0,0197	58,2	62	58	5,55	1875

стороны загрязненных вод Балаклавской бухты [7], выпуска шламовых вод, которые образуются в результате деятельности рудоуправления, объемом 4 тыс. м³·сут⁻¹ и выпуска неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод Балаклавы (участок А), объемом 11 тыс. м³·сут⁻¹.

Другой экологической особенностью является относительно малая ширина рекреационно важной, мелководной (до изобаты 20 м) зоны. Средняя ширина акватории до изобаты 20 м приблизительно 200 м, максимальная - 700 м (в районе "Золотого" пляжа). А в районе м. Айя, в большей части участка Д, зона с глубиной до 20 м отсутствует из-за свала глубин. Малая ширина мелководной зоны свидетельствует о том, что этому району присущи хорошие гидрологические условия, снижающие эвтрофирование прибрежной акватории.

Растворенный кислород. Насыщение кислородом на поверхности Балаклавского взморья имеет высокие величины: в летнее время за счет процесса фотосинтеза насыщение достигает 108%; зимой из-за низких температур также отмечается небольшое перенасыщение, в среднем до 101%.

В слое 10-15 м в летнее время наблюдается снижение абсолютного содержания кислорода, обусловленное процессом фотосинтеза. Слой 10-50 м характеризуется наличием подповерхностного максимума: летом - на глубине 30-50 м, зимой - на глубине 10 и 25 м.

Ниже глубины 50 м (слой 50-70 м) распределение кислорода довольно однородно: от 5,5 до 5,7 мл·л⁻¹. Охлаждение воды и интенсивное ее перемешивание в зимний период приводят к повышению величины аб-

солютного содержания кислорода до 6,95 мл/л (декабрь) и 6,45 мл·л⁻¹ (февраль).

БПК₅. Распределение величины БПК₅ по площади свидетельствует об антропогенном влиянии на всю северную часть исследуемой акватории. В районах, прилегающих к бухте и сбросу шламовых вод, отмечаются максимальные величины БПК₅. С продвижением на юго-запад наблюдается равномерное понижение этих величин от 1,20 до 0,40 мл·л⁻¹. Среднее значение БПК₅ для летнего и зимнего времени было в 2 раза ниже ПДК.

Окисляемость. Величины окисляемости в теплый и холодный периоды года резко отличаются между собой. В летнее время, в период максимальной рекреационной нагрузки, их пределы колебаний составляли 2,2-6,0 мг·л⁻¹. Повышенные значения (более 4 мг·л⁻¹) наблюдаются в районе выпуска хозяйственных сточных вод и, как правило, занимают 2/3 исследуемой акватории. Зона влияния выпуска определяется направлением ветра. Так, при юго-западном и западном ветрах загрязненные стоком воды, прижимаясь к берегу, продвигаются вдоль него и затекают в бухту. При ветрах других направлений загрязнение от выпуска распространяется на всю прилегающую к выпуску акваторию.

В зимнее время величина окисляемости была значительно ниже летней (от 1,6 до 3,4 мг·л⁻¹) и не превышала ПДК; в западной части полигона ее величины были, как правило, выше, чем в восточной части.

Фосфаты. В целом концентрация фосфатов на поверхности моря в зимнее время (февраль 1991 г.) меняется незначительно, от 5 до 9 мкг·л⁻¹, и является характерной для прибрежной зоны моря. Исключение

составляет район выпуска сточных вод, где отмечается концентрация фосфатов до $36 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ и характеризует значительное загрязнение сточными водами.

В позднелетний период колебания фосфатов на исследуемой акватории были в диапазоне от 0 до $6 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$. Отсутствие фосфатов на отдельных станциях указывало на потребление их фитопланктоном. Максимальные концентрации в летнее время отмечаются так же, как и в зимний период, в районе выпуска сточных вод, но абсолютные значения в летний период были более, чем в 6 раз ниже зимних.

С глубиной увеличение содержания фосфатов, как правило, не наблюдается. Исключение составил район, где на горизонте 60 м отмечалось максимальное для исследуемой толщи вод содержание фосфатов, равное $11,4 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$. По-видимому, сказалось расположение станции на пересечении зоны влияния выпуска сточных вод и зоны распространения загрязненных вод Балаклавской бухты.

Нитриты. Концентрации нитритного азота колеблются от следовых значений до $10 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, что характерно для прибрежных вод Черного моря. Средние концентрации нитритов в зимнее время составляют $4 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$, в летний период - $1-2 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$. В зимнее время повышенные значения обусловлены вертикальным перемешиванием и нитрификацией загрязнений и донных осадков. В позднелетний период при усиленном их потреблении концентрации нитритов минимальны. Максимальные концентрации нитритов отмечаются в районе выхода сточных вод ($10 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$), у входа в бухту ($4 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$) и в мористой части ($9 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$). Причиной повышенного содержания нитритов, по-видимому, явилось наличие биогидрохимического барьера на границе шельфовых и открытых вод [8]. Подтверждением этому служат также повышенные значения окисляемости ($4,68 \text{ мг}\text{O}_2\cdot\text{л}^{-1}$), кремния ($1000 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$) и органического фосфора ($15 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$). Распределение нитритов по поверхности и глубине равномерное, исключая районы их высокого содержания, связанные с загрязнением. На станциях, расположенных у выхода из бухты, содержание нитритов во всей толще выше, чем на более мористых станциях.

Аммонийный азот. Концентрация аммонийного азота на поверхности испытыва-

ет значительные колебания: от $103 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ (зимой в районе выхода сточных вод) до случаев почти полного потребления в летнее время в районе Васильевой балки. Средние по съемкам величины составляли $10-23 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ в летнее время и $18 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ в зимнее. Максимальные концентрации, как правило, обнаруживаются в районе выпуска сточных вод ($103 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$) и несколько южнее выпуска ($65 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$) и подтверждают загрязнение исследуемой акватории от выпуска хозяйственных сточных вод. Вне зоны влияния выпуска концентрация аммонийного азота была невысокой ($5-10 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$) с равномерным распределением по площади.

Нитраты. Содержание нитратного азота на поверхности Балаклавского взморья превышает значительные колебания: от 0 до $64 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$. Средние величины для летнего периода составляли: $12 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ в августе и $5 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ в сентябре; для зимнего периода - $14 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ в феврале и $18 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$ в декабре. Повышенное содержание нитратов в зимнее время обусловлено поступлением из более глубоких слоев вследствие перемешивания, а пониженные величины в летнее время являются результатом потребления их фитопланктоном и макрофитами. Высокие концентрации нитратов у входа в Балаклавскую бухту подтверждают загрязнение всей северной части полигона водами бухты.

Содержание нитратов в слое 0-10 м практически равномерное, за исключением района выхода из бухты, где отмечается повышение значений до $97-153 \text{ мкг}\cdot\text{л}^{-1}$. С глубиной наблюдается тенденция повышения их концентрации.

Донный фитопланктон. Распределение многоклеточных водорослей приурочено к твердым грунтам - выходам скальных пород и крупным валунам. Растительность представлена ассоциацией двух видов рода *Cystoseira* и на большей части акватории находится в удовлетворительном состоянии.

Непосредственно в зоне выпуска сточных вод (участок А) цистозира очень сильно эпифитирована (заселена) другими видами макрофитов типичными для эвтрофных вод - имеющих высокую удельную поверхность: *Cladophora sericea*, *Cladophora albida*, *Ectocarpus sp.*, *Ulva rigida* и др. Коэффициент эпифитирования, т. е. выраженное в процентах отношение массы эпифитов к массе хозяина (цистозир) состав-

ляет, в среднем, 49%, что свидетельствует о начавшемся эвтрофировании близлежащих прибрежных участков акватории, которое происходит из-за повышенного притока биогенных элементов и растворенных органических веществ. Со временем эпифиты могут значительно снизить здесь запасы цистозеры. На смену многолетним видам придут мелкоразмерные сезонные виды.

В районе "Золотого" пляжа эпифитирование цистозеры снижается, меняется его видовой состав. В составе эпифитов преобладают *Polysiphonia subulifera*, разные виды рода *Ceramium* и *Stilophora rizodes*. По направлению к мысу Айя эпифитирование снижается, что отражает улучшение качества воды.

Средняя ширина пояса макрофитов составляет приблизительно 60 м, а максимальная - 150 м. За поясом макрофитов начинается песок, на котором многоклеточная растительность отсутствует. На глубине 12 - 20 м преобладают песок и галька. На исследуемой акватории площадью около 200 га заросли макрофитов занимают 58 га (табл. 1) и их общие запасы составляют 1875 т сырой массы, при этом средняя биомасса и запасы на участках значительно различаются (табл. 1).

В таблице 2 приведен видовой состав фитопланктона, запасы входящих в него видов и их некоторые самоочистительные характеристики по акватории в целом. Доля двух видов цистозеры в общих запасах составляет 80%, при этом кислородная аэрация воды этими видами составляет 55%. За сутки фитопланктон может выделять около 70 т кислорода.

Потребление минеральных форм фосфора и азота макрофитами. Положительная экологическая роль макрофитов не исчерпывается кислородной аэрацией воды. Донный фитопланктон на исследуемой акватории способен ежедневно изымать из воды до 760 кг минерального азота и около 80 кг минерального фосфора (табл.2), доля двух видов цистозеры, в потребление фосфора и азота - 32%. Ощутимый вклад в потребление фосфора и азота вносят виды, обладающие высокими величинами удельной поверхности, такие как *Cladophora albida*, *Ectocarpus sp.*, *Polysiphonia subulifera*, *Ceramium sp.*, и мелкие эпифиты.

С хозяйственными сточными водами г. Баллавы ежедневно в море поступает 84 кг

минерального фосфора и около 77 кг минерального азота. Самые большие фонды минеральных форм фосфора и азота наблюдались в акватории участка А, где сосредоточен выпуск сточных вод (таблица 3). Потенциально донная растительность, сосредоточенная в исследуемой акватории, способна полностью поглотить сбрасываемый азот и почти полностью - фосфор. Однако следует отметить, что благодаря активной гидродинамике данного района шлейф загрязненных сточных вод быстро размывается и уже на расстоянии двух километров концентрация минеральных форм азота не превышает фоновых значений, а концентрация фосфора приближается к ним. Так концентрации минеральных форм фосфора и азота в акватории "Золотого" пляжа, в 1992 г. была соответственно, в 22 и 10 раз ниже, чем в акватории зоны выпуска хозяйственных стоков. Летние концентрации минеральных форм фосфора и азота в акватории от "Золотого" пляжа и до мыса Айя ниже зимних и по фосфору достигают нулевых значений.

Вместе с тем приток эвтрофных вод из смежных акваторий уже сейчас стал важнейшим фактором, определяющим качество вод в мелководной части побережья ЮБК. В дальнейшем, если не будут приняты меры по глубокой очистке хозяйственных сточных вод по всему побережью, то этот процесс усилится.

Расчеты, проведенные по градиенту трофности вод (на участках от входа в Балаклавскую бухту до м. Айя - от участка А к Д, табл.3), показывают, что коэффициент изъятия из воды макрофитами азота и фосфора (отношение суточного изъятия фитопланктоном данного химического элемента к его общему количеству в акватории) по фосфору повышается от 0,05 на участке сильно загрязненном сточными водами до 4,5 в относительно чистой акватории (по азоту соответственно от 0,31 до 4). Низкий коэффициент 0,05 говорит о том, что в местах сброса сточных вод донная растительность практически не способна к, условно говоря, "очистке" воды от минерального фосфора, но на порядок интенсивнее проводит "очистку" от минерального азота. Однако реальная деэвтрофикация воды в морской акватории при участии макрофитов возможна лишь при изъятии части биомассы. Это последнее практиче-

Таблица 2 - Видовой состав донного фитощенноза, запасы макрофитов и фитопланктона, выделение ими кислорода, потребление минеральных форм фосфора и азота в акватории от м. Балаклавского до м. Айя

Виды макрофитов	S/W, удельная поверхность, мм ² ·мг ⁻¹	Суммарная сырая биомасса (запасы) т	Выделение Кислорода (аэрация) г·сут ⁻¹	Потребление минерального фосфора, кг·сут ⁻¹	Потребление минерально- го азота, кг·сут ⁻¹
<i>Cystoseira crinita</i>	5	1182	24,57	15,44	154,42
<i>Cystoseira barbata</i>	9	328	12,25	9,21	92,06
<i>Polysiphonia subulifera</i>	22	113	5,66	19,04	190,39
<i>Cladophora sericea</i>	85	13	1,40	1,79	17,91
<i>Cladophora albida</i>	85	21	2,32	2,98	29,75
<i>Phyllophora nervosa</i>	13	43	2,02	1,63	16,30
<i>Ectocarpus sp.</i>	172	9	1,76	2,68	26,76
<i>Stilophora rizodes</i>	25	19	1,03	0,99	9,87
<i>Cladostephus verticillatus</i>	33	10	1,13	1,15	11,46
<i>Chondria tenuissima</i>	15	8	0,33	0,28	2,75
<i>Ceramium sp.</i>	26	62	2,96	2,84	28,44
<i>Laurencia coronopus</i>	6	3	0,06	0,04	0,42
<i>Ulva rigida</i>	36	2	0,14	0,16	1,54
<i>Nittophillum sp.</i>	13	0,2	0,004	0,005	0,04
Мелкие эпифиты	170	62	11,72	17,85	178,50
ИТОГО:		1875	67	76	761

Таблица 3 - Фонды кислорода, фосфора и азота, выделение кислорода и потребление минеральных форм фосфора и азота макрофитами на отдельных участках и во всей акватории от м. Балаклавского до м. Айя по изобате 20 м

Участок акватории	M _O , Фонд кислорода, т	M _P , Фонд мин. фосфора т	M _N , Фонд мин. азота т	P _O , Выде- ление кисло- рода г·сут ⁻¹	P _P , Потреб- ление фосфора г·сут ⁻¹	P _N , Потреб- ление азота, г·сут ⁻¹	P _O /M _O Коеф. аэрации	P _P /M _P Коеф. изъятия фосфора	P _N /M _N Коеф. изъятия азота
А	50	0,351	0,491	13,3	0,016	0,155	0,27	0,05	0,31
Б	70	0,035	0,126	16,0	0,018	0,179	0,23	0,51	1,42
В	45	0,020	0,068	17,0	0,019	0,187	0,38	0,95	2,75
Г	19	0,007	0,028	13,0	0,015	0,150	0,68	2,14	5,36
Д	13	0,002	0,022	7,7	0,009	0,089	0,59	4,50	4,04
ИТОГО:	197	0,415	0,735	67	0,076	0,761	0,34	0,19	1,03

ски невозможно осуществить на природных донных макроводорослях, но возможно при их плантационном культивировании в акватории. Плантации водорослей, сосредоточенные в толще воды, более эффективно используют обитаемое пространство по сравнению с водорослями, сосредоточенными в тонком придонном слое.

Несмотря на высокий самоочистительный потенциал прибрежной экосистемы и удовлетворительную экологическую обстановку в акватории необходимо принять меры по стабилизации и улучшению качества воды в акватории. В настоящее время,

сточные воды Балаклавы, сбрасываемые в море, не проходят очистки. Подавляющее большинство существующих очистных сооружений обеспечивают первичную и вторичную очистки. На сегодняшний день этого недостаточно. При вторичной очистке концентрация растворенных органических веществ в воде снижается, а концентрация минеральных форм азота и фосфора возрастает. Как уже отмечалось выше, повышение концентрации растворенных органических веществ и биогенных элементов, в конечном счете, приводят к ухудшению качества воды, это один из наиболее опасных

факторов антропогенного воздействия. В связи с этим возникает необходимость в третичной очистке сточных вод (от биогенных элементов). Такая очистка осуществляется в очистных системах разного типа. Разработка такой системы, применительно к местным условиям, требует участия специалистов соответствующего профиля. Только третичная очистка обеспечит улучшение экологической обстановки на участках А и в прилегающих акваториях.

Заключение. Гидрохимический режим акватории от м. Айя до м. Балаклавского формируется в тесной взаимосвязи с антропогенным влиянием, динамикой вод и с гидрометеословиями. В целом, на большей части исследуемой акватории концентрации основных гидрохимических показателей были в пределах уровней характерных для прибрежных районов моря.

Антропогенная нагрузка на исследуемой акватории неравномерна. Несмотря на то, что в акваторию сбрасываются неочищенные хозяйственные сточные воды Балаклав, экологическая ситуация в настоящее время неблагоприятна лишь в зоне выброса сточных вод, а на большей части акватории она может считаться удовлетворительной. Об этом свидетельствуют: состояние донного фитоценоза в акватории, его потенциальные способности по аэрации воды и изъятию из нее фосфора и азота, общая гидрохимическая, гидрологическая и санитарная обстановка.

Поскольку комплексная антропогенная нагрузка на акваторию вызывает локальное эвтрофирование с рядом негативных последствий, многоклеточные водоросли донного фитоценоза можно рассматривать как важный фактор, снижающий в весенне-летний период концентрации в воде биогенных элементов и загрязняющих веществ и повышающий кислородную аэрацию воды. Прибрежный фитоценоз имеет высокий самоочистительный потенциал. Показано, что на площади около 200 га ежедневно выделяя в воду около 67 т кислорода, макроводоросли ежедневно изымают из воды около 0,8 т минерального азота и 80 кг минерального фосфора.

Биологическая компенсация эвтрофирования непосредственно в море может осуществляться лишь в том случае, если удаление химических веществ с

изымаемой биомассой водорослей равно его множественному поступлению в экосистему. Осуществление такой биомелиорации потребует решения не только экологических, но и ряда инженерно-технических задач, для решения которых должны быть привлечены соответствующие специалисты.

В ближайшие годы состояние экосистемы и акватории будет зависеть преимущественно от развивающейся эвтрофикации прибрежных вод Черного моря, а локально, в зоне выпуска хозяйственных стоков, будет зависеть от объема, химического состава, степени очистки сточных вод. В ближайшие 10 - 15 лет решающей в изменении качества воды в морских прибрежных акваториях Крыма будет общая химическая антропогенная нагрузка, главным образом, через сток крупных рек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковардаков С.А., Празукин А.В., Фирсов Ю.К., Попов А.В. Комплексная адаптация цистозеры к градиентным условиям (научные и прикладные проблемы). - Киев: Наук. думка, 1985. - 214 с.
2. Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов. - М.: ВНИРО, 1988, - 119 с.
3. Руководство по методам химического анализа морских вод. - Л.: Гидрометеиздат, 1977, - 208 с.
4. Барашков Г.К. Сравнительная биохимия. - М.: Пищ. пром-сть., 1972, -335 с.
5. Хайлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., Рыгалов В.Е. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. - Киев: Наук. думка, 1992, -280 с.
6. Ациховская Ж.М., Субботин А.А. Динамика вод Балаклавской бухты и прилегающей акватории Черного моря. Экология моря, вып. 50, 2000, - С. 5-8.
7. Куфтаркова Е.А., Ковригина Н.П., Родионова Н.Ю. Гидрохимическая характеристика вод Балаклавской бухты и прилегающей к ней прибрежной части Черного моря. Гидробиологический журнал, 1998, -№ 3, - С.88-99.
8. Скопинцев Б.А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. - Л.: Гидрометеиздат, 1975, - 335 с.