

УДК 911.1

К. М. Хайлов,
С. А. Ковардаков,
А. В. Празукин

Балансовые условия поддержания качества морской среды в рекреационных акваториях

Институт биологии южных морей Национальной академии наук Украины,
г. Севастополь

Аннотация. Основным мотивом статьи является иллюстрация балансового биогеохимического подхода к оценке состояния рекреационной системы со стороны качества морской среды и способности системы к динамическому регулированию этой среды.

Ключевые слова: морская среда, биогеохимический баланс, рекреационные условия.

События последних 15 лет на территории бывшего СССР привели к общему снижению ряда традиционных видов деятельности в водах Черного моря, в том числе рекреации. Дискуссионной можно считать дату начала восстановления и подъема комплексной рекреационной деятельности в Крыму но, вероятно, в обозримые годы это произойдет. Уместно поэтому заблаговременно вернуться к анализу типовых экологических проблем морской рекреации. Они настолько неизбежны и стандартны, что решать их предстоит при любых обстоятельствах. В противном случае устойчивой и экономически выгодной рекреации в Крыму не будет.

В 70-90 годы прошлого века публиковался ряд прогнозов и программ развития рекреации в Крыму [1-3], в том числе наиболее комплексная – Концепция формирования Крымской объединенной рекреационной системы (КОРС). Однако, восстановление, а тем более развитие рекреационной деятельности, тем более на коммерческой основе, потребует принципиально новых подходов и решений, учитывающих высокий мировой современный уровень качества рекреации. Особенно же предстоит учитывать повысившееся, в сравнении с 70-90 годами качество морской рекреации в конкурирующем с Крымом зарубежном Причерноморье и Средиземноморье с гораздо более высоким, чем в условиях Крыма, качеством морской среды. Значительно повысилась в последние годы также и наукоемкость мероприятий по стабилизации качества среды в прибрежных акваториях. Между тем, несмотря на то, что общая загрязненность

вод Черного моря за последние 15 лет заметно снизилась, локальные очаги загрязнения в акваториях приморских городов Крыма в летний период возникают постоянно.

Рекреационное качество воды – комплексное понятие, включающее множество факторов. Основные биогеохимические факторы них показаны на рис.1. В численном выражении схема на рис.1 будет обсуждена в заключительной части статьи. Здесь лишь отметим, что предстоящие управленческие решения по экологическим проблемам морской рекреации должны базироваться только на наукоемкой, численной основе. Такой основой может, прежде всего, служить составление биогеохимического баланса рекреационной экосистемы, учитывающего ее основные химические и биологические компоненты, внутренние потоки, внешние входы и выходы.

Схема, количественные показатели блоков и основных потоков в ней составлены нами на примере участка побережья между мысами Айя и Сарыч – важной части рекреационной зоны Севастополя на южном берегу Крыма. Биологические блоки, формирующие химический и биохимический состав воды в акватории условно можно разделить на две группы: снижающие в результате жизнедеятельности концентрацию целого ряда растворенных минеральных веществ (водоросли) и повышающие их концентрацию (бактерии и водные животные, в прибрежной зоне это в основном беспозвоночные). Поступающие в рекреационную экосистему потоки включают комплексный сток с прибрежной

территории, приток воды и загрязняющих веществ с вдольбереговыми течениями и растворенные продукты жизнедеятельности самих людей (постоянного населения

и рекреантов). Основным физико-химическим выходом из системы является разбавление более чистой водой, поступающей из приглубых вод моря.

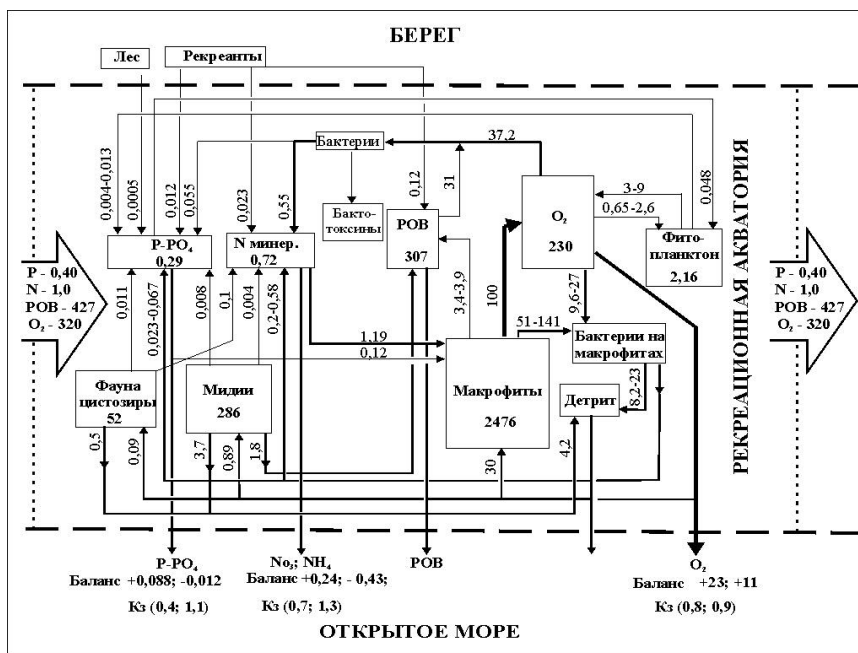


Схема потоков основных биогенных элементов в морской прибрежной экосистеме (объяснения в тексте)

Ниже будут показаны основные этапы составления биогеохимического баланса вышеназванной акватории по ее состоянию в 1983-1998 г. Сама эта дата не является существенной, поскольку основные статьи баланса остаются неизменными на большом отрезке времени. Неизменны как основные свойства морской экосистемы, так и главные факторы внешнего воздействия на нее; меняются в основном количественные характеристики блоков, потоков между ними и внешних входов.

Составление биогеохимического баланса акватории требует учета биомассы и функциональной активности донных многоклеточных водорослей, как основных потребителей растворенного углерода и выделения кислорода, а также метаболической активности бактерий и сидячих беспозвоночных. Ввиду ограниченного объема статьи подробно будут показаны лишь анализ поточных характеристик автотрофного блока (в экосистеме преобладают многоклеточные водоросли), а остальные части баланса и выводы из него будут обсуждены по численным характеристикам экосистемы на рис. 1.

1. Стационарные и динамические характеристики автотрофного блока рекреационной системы.

Основной прикладной вопрос относительно морской рекреационной экосистемы, касающийся качества воды в ней, можно сформулировать так: преобладает ли локальный (из местных источников в данную конкретную акваторию) приток химических веществ, ухудшающих качество воды, над притоком тех же веществ с вдольбереговыми течениями (из общего прибрежного фонда растворенных загрязняющих веществ)?

В поддержании качества водной среды важнейшую роль играют донные макроводоросли, осуществляющие изъятие из воды биогенных элементов и насыщение воды кислородом, который окисляет органические вещества и улучшает бактериологическую обстановку. Чтобы оценить этот фактор стабилизации качества воды, а затем использовать полученные величины для расчетов потоков биогенных веществ в экосистеме были проведены эксперименты, обобщены экспериментальные и литературные данные по интенсивности потребления биогенных элементов основными видами макроводорослей прибрежной зоны Черного моря.

Необходимо учитывать две следующие особенности питания любых водорослей: 1) при повышении концентрации биогенных элементов в воде они быстро пополняют свои внутренние фонды, 2) в отличие от одноклеточных водорослей макрофиты обеспечивают интенсивный биосинтез в весенне-летний период в основном за счет ранее (зимой) накопленных в биомассе фондов. Поэтому при анализе экосистемы в условиях выбросов сточных вод в весенне-летние месяцы следует учитывать зависимость констант скорости обмена и роста от внутренних и от внешних фондов биогенных элементов.

Зависимость интенсивности роста и внешнего обмена макрофитов от содержания азота и фосфора в тканях и от соотношения биогенных элементов, особенно азота и фосфора, описана рядом авторов на разных видах. В ряде обзоров она рассмотрена теоретически [4]. В принципе она является одновершинной. Начиная с минимальной квоты, повышение внутренней концентрации азота и фосфора сопровождается экспоненциальным повышением константы скорости роста массы. При дальнейшем повышении внутренней концентрации биогенных элементов начинается ингибирование обмена и снижение интенсивности роста массы. В литературе чаще описывается восходящая, реже нисходящая ветвь одновершинной зависимости.

По совокупности данных для двух видов черноморских макрофитов, различающихся по трофической принадлежности (цистозира косматая *Cystoseira crinita*) – вид олиго- и мезотрофных вод, энтероморфа кишечница (*Enteromorpha intestinalis* – вид эвтрофных вод) нами получена зависимость интенсивности фотосинтеза (в расчете на сухую массу) от концентрации азота в сухой фитомассе:

$$\log \mu_w = -0,62 + 0,89 \log(C_N) \quad (1)$$

где μ_w – интенсивность фотосинтеза, мгС/мг/ч; C_N – концентрация азота в сухой массе, мгМ/г. Коэффициент корреляции $r = 0,89$; стандартная ошибка = 0,11.

Концентрация биогенных элементов в фитомассе зависит, прежде всего, от его концентрации в воде. Однако, при одинаковой концентрации азота в среде она различна у видов с разным значением S/W и в тканях одного вида. Связь концентрации азота в сухой массе с S/W у тех же видов, что и в (1) описывается уравнением:

$$\log C_N = 0,735 + 0,486 \log(S/W) \quad (2)$$

где C_N – концентрация азота в сухой массе, мгМ/г;

S/W – удельная поверхность водорослей, мм²/мг (сухой массы). Коэффициент корреляции равен 0,49; стандартная ошибка $C_N = 0,082$.

Изменения концентраций биогенных элементов в окружающей среде приводят к изменению скоростей поглощения биогенных элементов водорослями, к изменению внутренних концентраций биогенных элементов в их тканях и к изменению скоростей роста самих растений. В целом для процесса поглощения макрофитами биогенных элементов характерны следующие моменты.

В пределах диапазона исследованных концентраций биогенных элементов (C_P 6,2-6200 мкгР/л; C_N 28-28000 мкгМ/л) скорости поглощения всех биогенных элементов увеличиваются с повышением концентраций биогенных элементов в окружающей среде. Скорости поглощения азота всегда выше, чем таковые фосфора при тех же концентрациях и обычно скорости поглощения аммиака NH_4^+-N выше, чем таковые нитратов NO_3^+-N . На скорость поглощения влияют также температура и сезон года.

Рассчитаны уравнения и показано, что важными регуляторами роста водорослей и потребления биогенных элементов, а, следовательно, и их потоков в прибрежных фитоценозах являются: величина удельной поверхности водорослей, скорость движения окружающей воды, концентрация биогенных элементов в среде и внутри растений.

Используя уравнение Моно:

$$V = V_{max} C / (k_c + C) \quad (3)$$

где V_{max} – максимальная скорость поглощения; C – концентрация биогенного элемента в среде; k_c – концентрация биогенного элемента, когда поглощение равно половине максимального), выявлена и проанализирована связь кинетических параметров поглощения k_c и V_{max} азота, фосфора и аммиака с удельной поверхностью S/W водорослей. Значения k_c уменьшались с увеличением удельной поверхности, а отношение V_{max}/k_c – наоборот, увеличивалось. Обычно полагают [5], что низкие величины k_c выражают конкурентное преимущество для видов при низких концентрациях, в то время как виды с высокими величинами V_{max} рассматриваются как более благоприятные для высоких концентраций. Отношение V_{max}/k_c измеряет конкурентную спо-

способность поглощения биогенных элементов при низких концентрациях [6]. Оно значительно ниже для более поздних в сукцессии крупных долгоживущих видов и, по-видимому, несколько менее изменчиво внутри вида, чем другие кинетические параметры. Параметры степенного уравнения, описывающие данные зависимости, приведены в табл. 1.

Таблица 1 Параметры степенного уравнения связи кинетических параметров потребления биогенных элементов с величиной удельной поверхности водорослей

Биогены	a	b
	Уравнение $k_c = a (S/W)^b$	
PO ₄ -P	4,744	-0,4814
NO ₃ -N	19,481	-0,5195
NH ₄ -N	13,458	-0,3846
	Уравнение отношение ($V_{max} : k_c$) = $a (S/W)^b$	
PO ₄ -P	0,1054	0,8042
NO ₃ -N	0,4615	0,6434
NH ₄ -N	2,0154	0,3042

Размерности: k_c - мкмоль/л;
отношение ($V_{max} : k_c$) - л/(г сух.в. ч);
 S/W - мм⁻¹.

Расчет изъятия макрофитами из воды минерального фосфора проводили на основании величин запасов каждого вида на акватории, среднего содержания фосфора и азота в биомассе макрофитов (в данном исследовании, согласно [7] приняты следующие величины: 3,3 гР/кг сухой массы для фосфора и 33 гN/кг сухой массы для азота) и среднесуточной скорости роста рассчитанной для макрофитов в соответствии с величинами их удельной поверхности по уравнению [8]:

$$\mu_{H_w}^{рост} = 0,00333 * (S/W)^{1,02} \quad (4)$$

где $\mu_{H_w}^{рост}$ – удельная скорость роста водорослей, сут⁻¹; S/W – величина удельной поверхности водорослей, мм²/мг.

В табл. 2 приведены величины суточного потребления фосфора и азота разными видами макрофитов, рассчитанные по второму варианту, и суммарные их величины.

Связь между интенсивностью обмена и роста с внешней и внутренней концентрацией биогенных элементов существенно модифицируется при включении еще одного сильного фактора – движения воды.

Литературные и собственные, относящиеся в частности к черноморским макрофитам данные, показывают, что при повышении подвижности воды их физиологические функции активизируются [9-12].

Таблица 2. Видовой состав донного фитоценоза, запасы макрофитов и фитопланктона, выделение ими кислорода, потребление минеральных форм фосфора и азота в акватории от мыса Сарыч до мыса Айя

Виды макрофитов	S/W, удельная поверхность мм ² /мг	Суммарная сырая биомасса (запасы), т	Выделение кислорода, т/сут	Потребление фосфора, кг/сут	Потребление азота, кг/сут
Cystoseira crinita	5	1382,8	42,1	40,25	403
Cystoseira barbata	9	408,8	12,5	21,49	215
Polysiphonia subulifera	22	354,6	24,1	4,34	43
Cladophora sericea	85	16,2	4,0	2,21	22
Cladophora albida	85	26,8	6,7	3,64	36
Phyllophora sp.	13	130,0	6,2	8,64	86
Ectocarpus sp.	172	25,6	1,7	11,55	116
Stilophora rizodes	25	9,3	0,72	0,7	7
Cladostephus sp.	33	12,6	1,6	1,37	14
Chondria sp.	15	5,5	2,4	0,28	3
Ceramium elegans	26	1,1	0,08	0,07	1
Laurencia coronopus	6	1,0	0,01	0,02	0,2
Ulva rigida	36	1,1	0,1	0,09	1
Nittophilum sp.	13	0,2	0,007	0,01	0,1
Zostera marina	11	6,3	0,17	0,26	3
Мелкие многоклеточные эпифиты	170	100,3	5,9	23,45	235
Итого:		2480	100	118	1185

При промышленном использовании макроводорослей для изъятия биогенных элементов азота и фосфора из хозяйственно-бытовых отходов в проточных и полупроточных системах одним из существенных экологических факторов, влияющим на этот процесс, является скорость протока в системе. Для моделирования этого процесса в лабораторных условиях мы использовали малогабаритную проточную установку, позволяющую регулировать подачу воды в экспериментальные ячейки с макроводорослями.

Были заданы три уровня расхода воды: 0,94 л/мин. (2,2 см/с), 3,66 л/мин.(8,7 см/с) и 7,50 л/мин.(17,8 см/с). Контролем служил аквариум без протока, который размещался рядом с экспериментальными ячейками. Освещение создавалось лампами дневного света, и его интенсивность составляла 5 – 6 тыс. люкс, а продолжительность освещения – 8-10 часов/сутки. Температура морской воды в установке

находилась в диапазоне 28-30°C. Концентрацию азота и фосфора в морской воде задавали равными 434 мкг N/л и 96 мкг P/л или 31 мкмоль N/л и 3,1 мкмоль P/л. Атомное отношение N:P в нашем эксперименте составляло 10:1.

В экспериментах использовали целые слоевища доминирующего Черноморского вида – бурой водоросли цистозеры косматой *Cystoseira crinita* (возрастом до 1 года).

Результаты исследования показали (табл. 3), что и удельная скорость роста и содержание фосфора в цистозире линейно зависят от расхода морской воды, которая омывает водоросль. В свою очередь повышение содержания фосфора в водоросли приводит к увеличению ее удельной скорости роста. При увеличении скорости протока от 0 до 17,8 см/с удельная скорость роста и скорость возобновляемости биомассы цистозеры увеличивается в 5,5 раза, а содержание фосфора в ней – в 3,3 раза.

Таблица 3. Удельная скорость роста, оборот биомассы, содержание фосфора и отношение (сырая масса/сухая масса) для бурой водоросли цистозеры *C. crinita* в зависимости от скорости протока морской воды (экспозиция 4 суток)

Скорость протока в экспериментальной ячейке, см/с	Удельная скорость роста, сутки ⁻¹	Оборот биомассы, сутки	Содержание фосфора в цистозире, мг/г (сух.масса)	Отношение сыр.масса/сух. масса
0	0,00322	215	0,26	3,81
2,2	0,00462	150	0,59	3,71
8,7	0,00935	74	0,53	4,03
17,8	0,01780	39	0,86	4,54

Из этих данных следует, что при использовании цистозеры в качестве "насоса для откачки биогенов" из морской воды, подвергшейся загрязнению хозяйственными стоками, одним из факторов, усиливающим процесс аккумуляции биогенных веществ цистозирой, является скорость омывания водоросли морской водой. Этого можно достигнуть либо путем создания направленного потока в соответствующих установках, либо путем перемещения плантации водорослей по акватории, подвергшейся загрязнению хозяйственными стоками.

На основании экспериментальных данных получена зависимость интенсивности фотосинтеза от удельной площади поверхности макрофитов и рассчитано степенное уравнение этой зависимости:

$$\mu_w \text{CO}_2 = 0,44 * (S/W)^{0,8} \quad (7)$$

где $\mu_w \text{CO}_2$ – величина удельного потребления углерода, мг/г/ч; S/W – величина удельной поверхности макрофитов, мм²/мг

В соответствии с величинами удельной площади поверхности макрофитов по (7) находили величину удельного потребления углерода для каждого вида. Используя уравнение фотосинтеза, определяли коэффициент перехода от удельного потребления углерода к удельному выделению кислорода макрофитами, который равен 2,67 (при потреблении 1 кг углерода выделяется 2,67 кг кислорода). Используя величины запасов разных видов макрофитов на акватории и величины их фотосинтеза, рассчитали кислородную аэрацию – количество кислорода, выделяемого в воду в течение светового дня - в данном случае за 10 часов (табл.2). Прини-

мали, что потребление кислорода макрофитами составляет 30% от выделенного.

2. Общая схема биогеохимического баланса морской экосистемы в рекреационной акватории

На основной морской рекреационной акватории Севастополя на участке от мыса Сарыч до мыса Айя сосредоточены только санаторно-курортные учреждения. Результаты экологических исследований позволяют рассмотреть на этом примере параметры массобаланса в прибрежной экосистеме по главным биогенным элементам, которые в значительной мере определяют состояние биоты акватории и качество воды в ней. Мерой химического антропогенного воздействия рекреантов на водную среду будем считать потоки вещества из звена рекреации. Потоки из звена рекреации рассчитаны по объемам выпуска хозяйственных сточных вод и по концентрациям в них химических веществ, а также по числу отдыхающих и нормам их пребывания. Эти потоки будем сравнивать с внутренними потоками тех же химических элементов, оборачивающихся за тот же отрезок времени в самой экосистеме. Сопоставление этих потоков покажет, степень химического антропогенного воздействия рекреации на природный обмен веществ морской экосистемы. Антропогенные потоки могут оказаться больше природных, равны им или быть меньше их.

Морскую прибрежную экосистему на участке от мыса Сарыч до мыса Айя с потоками в ней компактно отображает схема на рис. 1. Поскольку имеющиеся на этом побережье учреждения отдыха формировались постепенно на протяжении примерно 30 лет (причем общее их количество за последние 6-7 лет не увеличилось), можно полагать, что прибрежная система находится в состоянии близком к стационарному. Расчет проведен для трех летних месяцев, когда и рекреационные нагрузки, и собственные внутрисистемные процессы выражены максимально. Потоки рассчитаны в тоннах веществ в сутки, а находящиеся в воде фонды вещества в тоннах на весь объем воды в акватории до изобаты 20 м.

Верхняя часть схемы (до верхней пунктирной линии) соответствует береговой полосе с двумя источниками биогенов: лесным массивом на склонах гор и рекреационным звеном, основным параметром которого является численность единовре-

менно отдыхающих. Пространство между верхней и нижней пунктирной линией соответствует на схеме акватории площадью 240 га, шириной 100-350 м с глубиной до 20 м. Основными биологическими компонентами экосистемы являются: донный макрофитоценоз, фитопланктон, зооценоз на макрофитах, население мидий под пологом зарослей макрофитов. Гидрохимические компоненты экосистемы, в совокупности отражающие качество воды в акватории: концентрация кислорода, растворенного органического вещества, минеральных форм азота, минеральных форм фосфора и взвеси. Нижняя пунктирная линия на схеме отсекает рекреационную акваторию от открытой части моря. Водообмен с окружающей водной массой принят равным характерному для данного района вдольбереговому течению со скоростью 0,14 м/с. Приток биогенных веществ и кислорода с вдольбереговым течением принят равным выходу и на схеме обозначен входной и выходной стрелками слева и справа.

Естественный метаболизм прибрежной экосистемы в районе м.Сарыч – м.Айя характеризуется высокими значениями коэффициентов замкнутости (K_3), т.е. отношения величины потребления данного химического элемента биотой экосистемы из воды к его возврату в воду: K_3 по кислороду (0,8-0,90), минеральному фосфору (0,4-1,1, минеральному азоту (0,7-1,3). Обратим внимание на несбалансированность притока минеральных форм фосфора из внешних акваторий (0,4 т в сутки) и входа фосфора в звено макрофитов (0,12 т в сутки) и сбалансированность по азоту 1т в сутки на входе в акваторию и 1,15 т в сутки на входе звена макрофитов.

Сравним природные внутренние массопотоки с величинами входных антропогенных потоков. Имеющийся в настоящее время сток минерального фосфора за счет рекреации (0,012 т в сутки) в 11-16 раз меньше, чем приток минерального фосфора в воду, обусловленный совокупностью биологических процессов в экосистеме (0,13-0,19 т в сутки). Еще меньше антропогенный, вклад минерального азота: его сток с берега (0,023 т в сутки) в 30-50 раз меньше, чем приток из биологического звена экосистемы (0,75-1,22 т в сутки). Даже увеличение биогенного стока с берега вдвое незначительно повлияет на соотношение антропогенных и природных потоков.

Еще меньше вклад из звена рекреации по минеральному фосфору в сравнении с расчетным притоком из смежных акваторий (за счет вдольберегового течения) – в 33 раза. В то же время приток минерального азота из звена рекреации в 40 раз меньше притока из смежных акваторий. В то же время приток биогенов из смежных акваторий сопоставим с величиной внутренних потоков. Это говорит о том, что при малости местного антропогенного воздействия общая трофическая обстановка в акватории определяется повышенной за многие годы концентрацией биогенных элементов в прибрежных водах Черного моря.

По нашим наблюдениям донная растительность в местах сброса сточных вод 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 практически невозможно осуществить на природных донных макроводорослях, но возможно при их плантационном культивировании в акватории, что предполагает регулярное удаление биомассы с накопленными в ней химическими элементами.

Несмотря на малый вклад в метаболические циклы прибрежной экосистемы, канализационные стоки оказывают огромное влияние на санитарно-бактериологическую обстановку в рекреационной акватории. Ухудшению бактериологической обстановки обычно сопутствует сравнительно низкая оборачиваемость кислорода в акватории (в среднем примерно 0,5 оборота в сутки при 4-4,5 оборотах в сутки азота и фосфора). Не исключено, что без принятия мер по очистке и дезинфекции хозяйственно-бытовых стоков, решающей в определении качества воды в прибрежной акватории станет бактериологическая обстановка в ней.

3. Экологическое заключение

Таким образом, экологическая обстановка в курортный сезон (июнь-сентябрь) на одном отдельно взятом участке морской рекреационной зоны Севастополя до изобаты 20 м определяется тремя основными факторами, которые перечислим в порядке их относительной значимости: 1) приток эвтрофированных вод их окру-

жающих акваторий и зависящей от нее биогенной нагрузкой, 2) локальная концентрация отдыхающих на отдельных участках берега 3) бактериологическая обстановка в местах размещения рекреационных учреждений и выпусков хозяйственных сточных вод. Однако, основным мотивом статьи является не этот частный случай, а иллюстрация балансового биогеохимического подхода к оценке состояния рекреационной системы со стороны качества морской среды и способности системы к динамическому регулированию этой среды.

Приведенный пример показывает значительную регулятивную способность данной экосистемы, но, тем не менее, далеко не определяющего локального качества воды в акватории. Однако, такой благоприятный биологический состав экосистемы (бентосное сообщество со значительными зарослями макрофитов и макрозообентосом) характерен далеко не для всех участков черноморского побережья. На песчаной (евпаторийской) части побережья, где также имеются рекреационные учреждения, биологический блок экосистемы гораздо беднее. Биологическая регулятивная способность биоты в таких экосистемах окажется, как можно полагать, ничтожно малой в сравнении с внешними регуляторами гидрохимических свойств воды (гидрологическими факторами, а соответственно и внешними источниками загрязнений).

В публиковавшихся в конце 90-х годов работах по морской рекреации значительные надежды возлагались на локально используемые мелиоративные средства, в частности на так называемые "биопозитивные" гидротехнические сооружения [13, 14]. К ним относили специально конструируемые сооружения типа искусственных рифов, искусственные островки, размещаемые на дне каменные насыпки разного размера и формы. Имеются и инженерно-технические разработки [15] гидротехнических сооружений "биопозитивного" типа. Основная идея конструкторов таких сооружений – увеличение твердой поверхности, которая потенциально может быть заселена многоклеточными водорослями и сидячими беспозвоночными – основными "биофильтраторами". Однако, авторам не известны случаи, когда инженерно-техническим разработкам "биопозитивных" сооружений сопутствовали бы экологические расчеты

реальной способности биоты селиться на поверхности гидротехнических сооружений. Тем более не было оценок биогеохимического эффекта от предлагаемых конструкций. Между тем, из приведенных выше данных следует, что увеличение биомассы макро-фитов вдвое не сказалось бы существенным положительным образом на регулятивной способности изучавшейся нами экосистемы при характерном для этой акватории притоке внешних загрязняющих веществ.

Литература

1. Багрова Л.А., Подгородецкий П.Д. Виды воздействия отдыхающих на природные комплексы (на примере кратковременного отдыха рекреантов в Горном Крыму) // В кн. охрана и рациональное использование природных ресурсов, Симферополь, изд-во СГУ, 1980. – Вып.1. – С. 46-53.
2. Беляев В.И. Применение моделей сложных систем в задаче рационального использования рекреационных морских ресурсов. В кн.: Рациональное использование и охрана курортных и рекреационных ресурсов Крыма. – К.: Наук.думка, 1982. – С. 100-101.
3. Беляев В.И., Багров Н.В., Трушиньш Я.К. Рекреационная система Крыма. Вестник АН УРСР, 1983. – N 11. – С. 70-77.
4. Силкин В.А., Хайлов К.М. Биоэкологические механизмы управления в аквакультуре. – Л.: Наука, 1988. – 230 с.
5. Raymont J.E.G. Plankton and productivity in the oceans, 2nd ed., Vol. 1. Phytoplankton. – Oxford: Pergamon Press, 1980. Healey F.P. Slope of the Monod equation as an indicator of advantage in nutrient competition // Microb. Ecol. – 1980. – Vol. 5. – P.281-286.
6. Healey F.P. Slope of the Monod equation as an indicator of advantage in nutrient competition // Microb. Ecol. – 1980. – Vol. 5. – P.281-286.
7. Барашков Г. К. Сравнительная биохимия водорослей. – М.: "Пищевая промышленность", 1972. – 335 с.
8. айлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., Рыгалов В.Е. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. – К.: Наук.думка, 1992. – 280 с.
9. Olyger P., Santelices B. Physiological-ecology studies on Chilean Gelidiales // J.Exp.Mar.Biol.and Ecol. – 1981. – Vol. 53. – P.45-53.
10. Parker H.S. Influence of relativ water motion of the growth, ammonium uptake and carbon and nitrogen composition of *Ulva lactuca* (Chlorophyta) // Mar. Biol. – 1981. – Vol. 68. – № 3. – P.309-318.
11. Ковардаков С.А., Празукин А.В., Фирсов Ю.К., Попов А.В. Комплексная адаптация цистозирры к градиентным условиям (научные и прикладные проблемы). – К.: Наук.думка. – 1985. – 214 с.
12. Хайлов К.М., Ковардаков С.А., Чувишко Ю.Н., Гуменюк Ю.С. Малогабаритная установка для гидробиологических экспериментов с регулируемым протоком воды // Гидробиол. журн. – 1987. – Т. 23, № 3. – С. 84-88.
13. Зайцев Ю.П., Яценко В.А. Экологические аспекты гидротехнического строительства в прибрежной зоне моря // Биология моря (Севастополь), 1983. – №5. – С. 62-66.
14. Искусственные рифы для рыбного хозяйства. – М., 1987 / Тез. докл. Всесоюз. Конф. (Москва, 2-4 декабря 1987г.). – 131 с.
15. Марков А.М., Маркова М.Г., Молчанов Е.Ф., Маслов И.И., Куропатов Л.А. Биокомпенсационные гидротехнические сооружения // Транспортное строительство, 1987. – № 11. – С.28-31

Анотація. Головним завданням статті є ілюстрація балансового біогеохімічного підходу до оцінки стану рекреаційної системи з боку якості морського середовища і здібності системи до динамічного регулювання цього середовища.

Ключові слова: морське середовище, біогеохімічний баланс, рекреаційні умови.

Abstract. The basic motive of article is the illustration of the balance biogeochemical approach to an estimation of a condition of recreational system on the part of quality of the sea environment and ability of system to dynamic regulation of this media.

Key words: see environment, biogeochemical balance, recreation conditions.

Поступила в редакцію 19.05.2004 г.