

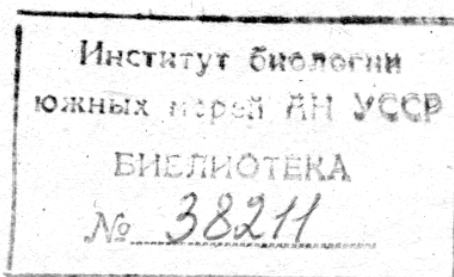
ДРОВ 98

ДРОВ 2010

**Национальная Академия наук Украины
Морской гидрофизический институт**

**ИССЛЕДОВАНИЯ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ
АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАСЕЙНА**

Сборник научных трудов



Севастополь 1995

Е. А. Куфтаркова, Н. П. Ковригина

О ВЛИЯНИИ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ГИДРОХИМИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ МОРЯ

Работа написана на основе большого количества материалов натурных экспериментов, выполненных при проведении комплекса исследований по проблеме изучения влияния выпуска бытовых сточных вод на гидрохимические условия шельфовой зоны моря.

В связи с увеличением объемов сточных вод, сбрасываемых в прибрежную часть моря, особый интерес представляют исследования гидрохимической структуры вод шельфовых акваторий в районах поступления сточных вод. В данной работе основное внимание уделено хозяйственно-бытовым сточным водам как доминирующему виду стоков большинства курортных городов Крымского побережья.

Сточные воды, попадая в море, вносят в растворенном и взвешенном состоянии вещества, концентрации которых не характерны для природных вод. Главными показателями стока, на которых целесообразно сосредоточить внимание, являются основные элементы, входящие в состав живого вещества, — это азот, углерод и фосфор. С соотношением соединений этих элементов между собой связано состояние водных экологических систем. Кроме того, высокая метаболизируемость соединений азота, углерода и фосфора способствует включению их в круговорот веществ и ускоряет наступление процесса эвтрофикации в локальных районах моря. Бытовые стоки представляют опасность для здоровья человека, ибо чаще всего содержат патогенную микрофлору, а также обладают выраженным мутагенным эффектом. Из компонентов сточных вод — потенциальных мутагенов — следует упомянуть нитриты и нитраты, которые являются предшественниками нитрозаминов, известных как высокоактивные канцерогены и мутагены [1]. Этот факт особенно следует учитывать при выборе мест для размещения на морском побережье плантаций по выращиванию морских организмов.

В настоящей работе приводятся результаты гидрохимических исследований, выполненных на Крымском шельфе в районах выпусков сточных вод. В табл. 1 приводятся данные по гидрохимическому состоянию морской акватории у очагов загрязнений в зависимости от режима работы выпуска. Высокие концентрации неорганических и органических соединений азота и фосфора отмечались при сбросе неочищенных или частично очищенных сточных вод на малых глубинах 0-3 м, умеренные — на глубинах 10-16 м, и незначительное превышение фоновых величин отмечалось при сбросах на глубинах 78-87 м.

Выработанная нами методология наблюдений на морском полигоне позволила оконтурить поля сточных вод и получить закономерности трансформации компонентов бытового стока на расстоянии от зоны смешения сточных вод с морской водой до концентраций, характерных для незагрязненных вод.

Площадь акваторий, испытывающих влияние сточных вод, значительно шире при малых глубинах сброса и неполной очистке, чем при заглублении источника загрязнения. Даже частичное заглубление выпуска на 12 м и удаление от берега на 600 м (выпуск 4) снижает степень загрязнения морской поверхности и уменьшает акваторию, подверженную его влиянию.

Таблица 1

Средние концентрации минеральных и органических форм азота и фосфора
на поверхности моря в районах выпусков сточных вод с различным режимом работы

Район исследований	Выпуск	Режим работы выпуска			Способ очистки	Показатели, мкг/л			
		Глубина сброса H , м	Удаление от берега L , м	Расход сточных вод Q , тыс. м ³ /сут		$\sum N$ (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+)	PO_4^{3-}	$N_{\text{орг}}$	$P_{\text{орг}}$
Севастополь	1	0	0	15,0	без очистки	2446	360	2250	305
	2	3	75	7,0	м.	4340	310	896	96
	3	3	50	55,0	м.	2492	155	560	53
	4	12	600	13,0	м., б.	358	76	900	30
Ялта	5	10	200	35,0	м.	678	180	—	34
	6	87	6250	60,0	м., б.	70	13	780	5
Симеиз	7	16	500	16,0	м.	90	33	—	310
	8	78	2260	43,0	м., б.	32	10	568	8

Примечание: м. — механический, б. — биологический.

Ежемесячные систематические наблюдения с 1986 по 1990 гг. в районе данного выпуска показали, что сточные воды поступали в поверхностный слой моря, где происходила их дальнейшая трансформация. Характерно интенсивное снижение концентрации загрязняющих веществ, на расстоянии 30-50 м от выпуска. Содержания органических соединений азота, углерода и фосфора уменьшались в среднем на 60% от величины их поступления, а минеральных — на 90%. По-видимому, процесс утилизации биогенных элементов превалирует над процессами деструкции их органических соединений. Градиент снижения концентрации минеральных форм азота и фосфатов на каждый метр расстояния велик и в среднем составлял 400 и 60 мкг/л соответственно. Убыль фосфорсодержащих органических соединений, как правило, происходит в 2-2,5 раза быстрее относительно исходных значений, чем азотсодержащих.

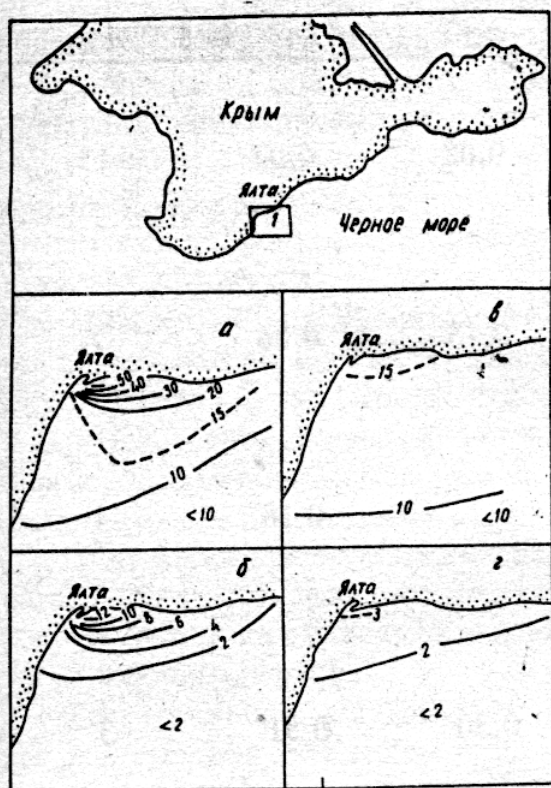
Важно отметить, что в процессе трансформации форм азота и фосфора кроме уменьшения их абсолютных величин происходит перераспределение содержания их неорганической и органической форм: увеличивается доля органической и уменьшается неорганической.

Описанная закономерность трансформации хозяйственных сточных вод в целом характерна для всех выпусков подобного типа.

При сбросе сточных вод на больших глубинах и значительном удалении от берега (выпуск 6 в районе Ялты и выпуск 8 в районе Симеиза) эволюция

загрязненных полей происходит в толще вод, что способствует сохранению фоновых значений гидрохимических характеристик в поверхностном слое моря в районе выпуска. Феномен использования плотностной стратификации вод для предотвращения негативных экологических последствий описан в ряде монографий [2, 3, 4].

Установлено, что на поверхности моря в районе глубоководного выпуска повышение концентрации биогенных элементов, изменение газового режима, повышение концентрации органических форм азота и фосфора практически не наблюдается. При этом отмечалось значительное снижение уровня загрязнения поверхности моря и по санитарно-бактериологическим показателям [5]. Даже штормовое зимнее перемешивание не разрушает типичное для прибрежной зоны моря сезонное распределение биогенных минеральных и органических соединений в поверхностном слое моря в районе глубоководного выпуска. Рису-



Распределение фосфатов и нитритов (мкг/л) в поверхностном слое Ялтинского залива: а, б — PO_4 и NO_2 в период работы мелководного выпуска; в, г — PO_4 и NO_2 в период работы глубоководного выпуска

нок иллюстрирует состояние поверхностных вод Ялтинского залива при сбросе сточных вод через мелководный (а, б) и глубоководный (в, г) выпуски.

При глубоководном сбросе процессы трансформации сточных вод происходят в толще вод на глубинах 40-80 м. Интенсивность деструктивных процессов на глубине затопления сточных вод ниже, чем в поверхностном слое моря. Тем не менее благодаря высокой степени метаболизируемости соединений бытового стока время их круговорота в толще вод невелико.

Нами проведено сравнение кинетики распада легкоусвояемого органического вещества (ЛОВ) сточных вод и времени его круговорота в поверхностном слое моря и толще вод. Интенсивность деструктивных процессов определялась в лабораторных условиях методом инкубации воды в затемненных склянках с начальным и последующим определением содержания кислорода. Величина биохимического потребления кислорода на 5-е сутки (БПК₅) отражает наиболее неустойчивую лабильную часть органического вещества. Несмотря на то что кинетика окислительного процесса органического вещества сточных вод в

Т а б л и ц а 2

Кинетика потребления легкоусвояемого органического вещества (ЛОВ) и время его круговорота (t) в различных по степени загрязнения прибрежных зонах Крымского шельфа

Район исследований	Содержание ЛОВ, мг С/л	Константа распада K , сут ⁻¹	Скорость распада V , мг/л в сут	t , сут
Поверхностный слой незагрязненного района моря (бухта Ласпи)	0,26±0,07	0,08	0,02	13
Поверхность моря в районе сброса очищенных сточных вод на глубине 12 м (район Севастополя)	0,43±0,06	0,15	0,06	7
Поверхностный слой моря в районе сброса частично очищенных сточных вод на глубине 40 м (район Ялты)	0,80±0,15	0,22	0,18	4
В непосредственной близости у выхода неочищенных сточных вод (район Севастополя)	1,70±0,60	0,30	0,51	3
Глубинная толща вод 40-60 м в затопленном поле очищенных сточных вод (район Ялты)	0,45±0,10	0,10	0,04	10

лабораторных условиях неадекватна природным, поскольку элиминируется фактор разбавления и рассеивания, тем не менее БПК₅ характеризует степень биохимической активности микроорганизмов при стандартизированных условиях БПК-теста [6]. Именно благодаря биологической трансформации обеспечивается разложение органического вещества до неорганических соединений.

В табл. 2 приводятся скорость деструкции органического вещества, выраженного через углерод С, и время его круговорота, рассчитанные для различных по степени загрязнения районов прибрежной зоны Крыма. Полученные нами для Крымского шельфа данные по скорости и времени круговорота легко метаболизируемых органических соединений хорошо согласуются с данными Хумитаке Секи [7] для океанской воды разной степени трофности.

Из таблицы видно, что наиболее высокие показатели деструкционных процессов характерны для поверхностных вод в эвтрофированных районах моря. За сутки в этих районах окисляется до 30% лабильных веществ. Скорость распада органического вещества в толще вод сопоставима с таковой в поверхностном слое моря. Время круговорота органического вещества составляет от двух недель до нескольких дней и даже часов. Несмотря на более слабую, чем в поверхностном слое, интенсивность деструктивных процессов в толще вод, в районе глубоководного выпуска накопления органического вещества и минеральных биогенных элементов не наблюдалось. Очищенные бытовые сточные воды, поступающие в море через глубоководный выпуск, трансформируются на глубине затопления полей сточных вод, не попадая на поверхность. В толще вод происходит не только окисление органических соединений, но и утилизация фитопланктоном поступивших и образовавшихся в результате регенерации минеральных соединений. Так, по данным Ратьковой и др. [8], на глубине 60-100 м обнаруживается максимум "тенелюбивой" флоры, представленной скоплением диатомовых водорослей, которые могут утилизировать образовавшиеся в результате деструкции ЛОВ биогенные вещества.

Преимущество глубоководного сброса очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод очевидно. Так, регулярные комплексные исследования, проведенные в Ялтинском заливе с 1968 по 1986 гг., показали, что в результате изменения режима работы выпуска от мелководного до глубоководного и подключения системы очистки сточных вод произошло снижение средних по заливу величин фосфатов, нитритов, окисляемости и БПК₅ в 2-3 раза.

Таким образом, полученные результаты позволят прогнозировать степень загрязнения морской акватории в зонах сброса сточных вод с разным режимом работы выпуска и выделять зоны наибольшей интенсивности трансформации загрязняющих веществ.

Рассчитанное нами время круговорота органического вещества сточных вод свидетельствует о его высокой метаболизируемости и ускорении наступления процесса эвтрофикации в наиболее загрязненных районах моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Цыцугина В.Г., Куфтаркова Е.А.* Генетические эффекты в популяции морских амфипод при антропогенном эвтрофировании среды // Гидробиологический журнал, 1988. — 24, № 6. — С. 19–20.
2. *Зац В.И., Немировский М.С., Андриющенко Б.Ф. и др.* Опыт теоретического и экспериментального исследования проблемы глубоководного сброса вод на примере района Ялты. — Киев: Наук. думка, 1973. — 274 с.
3. *Изменение физико-химических свойств морских вод под влиянием загрязнения* // Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. Т. 6 / Под ред. канд. геогр. наук Е.Ф.Шульгиной. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 200 с.
4. *Шульгина Е.Ф., Куракова Л.В., Куфтаркова Е.А.* Химизм вод шельфовой зоны Черного моря при антропогенном воздействии. — Киев: Наук. думка, 1978. — 124 с.
5. *Санитарная микробиология эвтрофных водоемов* / Под ред. чл.-кор. АН СССР проф. М.Г.Шандалы, проф. Л.В.Григорьевой. — Киев: Здоровье, 1985. — 223 с.
6. *Топников В.Е., Вавилин В.А.* Биохимическое потребление кислорода для вод различной загрязненности // Водные ресурсы. — 1968. — № 1. — С. 128–133.
7. *Хумитаке Секи.* Динамика органических веществ и микроорганизмы // Органические вещества в водных экосистемах / Под ред. А. В. Цыбань, Л. Д. Вороновой. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — С. 111–188.
8. *Ратькова Т.Н., Копылов А.И., Сажин А.Ф. и др.* Скопление диатомовых водорослей *Nitzschia* gr. в холодном промежуточном слое Черного моря // Структура и продукционные характеристики планктонных сообществ Черного моря. — М.: Наука, 1989. — С. 105–117.

Институт биологии южных морей
НАН Украины, Севастополь