

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
НАУК УКРАИНЫ
ОДЕССКИЙ ФИЛИАЛ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ
ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А.О. КОВАЛЕВСКОГО

СЕВЕРО- ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ЧЕРНОГО МОРЯ:

БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

*ПРОЕКТ
«НЛУКОВА КНИГА»*

КИЕВ НАУКОВА ДУМКА 2006

Монография представляет собой продолжение издания «Биология северо-западной части Черного моря» (под ред. К.А. Виноградова, изд-во «Наукова думка», 1967). Обобщены материалы исследований экосистемы северо-западной части Черного моря, проведенных в период 1967—2003 гг. Рассмотрены результаты изучения абиотической составляющей экосистемы, современное состояние и тенденции изменения биологической структуры. Приведены итоги исследований по новым научным направлениям - популяционной экологии гидробионтов, биотестированию, гидробиологической мелиорации, моделированию динамики качества вод и технологии переработки гидробионтов.

Для гидробиологов, экологов, альгологов, зоологов, ихтиологов, гидрологов, гидрохимиков, преподавателей и студентов высших учебных заведений, работников рыбного хозяйства.

Монографія є продовженням видання «Биология северо-западной части Черного моря» (за ред. К.О. Виноградова, вид-во «Наукова думка», 1967). Узагальнено матеріали досліджень екосистеми шві́тЧНо-захі́дної частини Чорного моря, проведених у період 1967-2003 рр. Розглянуто результати вивчення абиотично́ї складово́ї екосистеми, сучасний стан і тенденції зміни біологічно́ї структури. Наведено результати досліджень нових наукових напрямів — популяційно́ї екології гідробіонтів, біотестування, гідробіологічно́ї меліорації, моделювання динаміси якості вод і технології переробки гідробіонтів.

Для гідробіологів, екологів, альгологів, зоологів, їхтіологів, гідрологів, гідрохіміків, викладачів і студентів вищих закладів освіти, робітників рибного господарства.

Ответственные редакторы

Ю.П. ЗАЙЦЕВ, Б.Г. АЛЕКСАНДРОВ, Г.Г. МИНИЧЕВА

Рецензенты: д-р биол. наук *О.Г. Миронов*, д-р геогр. наук *ИЛ Лоева*

Рекомендовано к печати ученым советом

Одесского филиала Института биологии

и геологии НАН Украины

*Видання здійснене за державним контрактом
на випуск науково-виробничої продукції*

Редакция медико-биологической, химической
и геологической литературы

Редакторы *О.И. Калашникова, Ж.В. Загоруйко*

© В.В. Адобовский, Б.Г. Александров, Л.В. Анцупова, Е.И. Бабич, Н.А. Берлинский, А.А. Биркун, Ю.И. Богатова, Л.И. Бойко, В.Н. Большаков, С.Г. Бушуев, А.К. Виноградов, Е.Г. Воля, Л.В. Воробьева, Г.П. Гаркавая, Л.А. Гарлицкая, М.В. Гельмгольтц, И.А. Говорин, В.К. Головенко, А.Ю. Гончаров, М.М. Данилова, Г.Н. Девярых, С.А. Доценко, С.Е. Дятлов, Т.Н. Еременко, Ю.П. Зайцев, В.Н. Золотарев, А.Б. Зотов, Г.В. Иванович, О.С. Изаак, Р.П. Кандюк, Ю.В. Квач, Н.В. Ковалева, Т.И. Коновалова, Н.И. Копытина, А.Н. Косарев, М.Н. Косенко, А.В. Кошелев, И.И. Кулакова, А.В. Курилов, В.И. Лисовская, Г.В. Досовская, Ю.Н. Макаров, Д.В. Микулич, Г.Г. Миничева, Ю.Р. Налбандов, Е.В. Настенко, Д.А. Нестерова, С.Е. Никонова, В.В. Никулин, Л.П. Павлютина, А.Г. Петросян, Н.Ф. Подплетная, Л.Н. Полищук, Е.М. Руснак, В.Е. Рыжко, Н.И. Рясинцева, П.Т. Савин, О.Ю. Сапко, С.Ю. Секундяк, И.А. Синегуб, И.А. Скрипник, С.В. Стадниченко, Н.Г. Теплинская, Л.М. Теренько, Г.В. Теренько, О.А. Торгонская, В.С. Тужилкин, Ю.С. Тучковенко, Е.В. Холодовская, С.А. Хуторной, А.Г. Цокур, Н.С. Чиликина, П.В. Шекк, Н.М. Шурова, 2006

1903040100 - 001

ISBN 966-00-0159-2

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ (Зайцев Ю.П., Александров Б.Г., Миничева Г.Г.).....	3
---	---

РАЗДЕЛ I

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ: АБИОТА

Глава 1. Ландшафтно-геологические исследования (Никулин В.В.).....	11
1.1. Ландшафтное районирование.....	11
1.1.1. Палеогеографические аспекты развития исследуемого района.....	15
1.1.2. Современные донные ландшафты.....	17
1.2. Донные отложения.....	19
1.2.1. Отложения неоплейстоцен-голоценового возраста	20
1.2.2. Отложения черноморского возраста.....	22
Глава 2. Гидрологические исследования.....	25
2.1. Шельфовая зона (Берлинский Н.А., Большаков В.Н.)	25
2.1.1. Изменчивость гидрофизических полей и придонной гипоксии (Берлинский Н.А., Тужилкин В.С., Косарев А.Н., Налбандов Ю.Р.).....	32
2.2. Антропогенно преобразованная прибрежная зона (Адобовский В. В.).....	52
Глава 3. Гидрохимические исследования.....	59
3.1. Источники эвтрофирования (Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И.).....	60
3.1.1. Речной сток.....	60
3.1.2. Атмосферные осадки.....	67
3.1.3. Локальные береговые источники.....	68
3.1.4. Донные отложения.....	68
3.2. Кислородный режим (Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И.) .	69
3.3. Межгодовая изменчивость содержания биогенных веществ (Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И., Гончаров А.Ю.).....	74
3.4. Межгодовая изменчивость количества органического вещества (Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И.).....	79

3.5. Сезонная изменчивость содержания биогенных веществ {Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И.).....	81
3.6. Районирование шельфа по гидролого-гидрохимическим параметрам {Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И., Гончаров А.Ю.).....	83

Г л а в а 4. Биотестирование {Дятлов С.Е., Петросян А.Г., Кошелев А.В.) . 87

4.1. Основные методические подходы.....	89
4.2. Одесский залив.....	92
4.2.1. Береговые источники загрязнения.....	93
4.2.2. Мониторинг.....	94
4.3. Плавни Дуная.....	98
4.4. Почвы водосборных площадей.....	99

Г л а в а 5. Моделирование {Тучковенко Ю.С., Савин П.Т.).....102

5.1. Гидродинамический блок модели качества морских вод.....	103
5.2. Блок самоочищения морских вод.....	107
5.3. Математическая структура блока эвтрофикации.....	110
5.4. Моделирование процессов самоочищения шельфовых вод от нефтепродуктов.....	118

Р А З Д Е Л II

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ
ЭКОСИСТЕМЫ: БИОТА**

Глава 1. Нейстон {Зайцев В.О., Александров Б.Г., Богатова Ю.И., Гаркавая Г.П., Головенко В.К., Копытина Н.И., Нестерова Д.А., Никонова С.Е., Полищук А.Н., Руснак Е.М., Цокур А.Г., Чиликина Н.С.).....	125
--	------------

1.1. Гидрохимические и биохимические исследования.....	127
1.2. Бактерионейстон.....	129
1.3. Фитонейстон.....	130
1.4. Хлорофилл в поверхностном микрослое пелагиали и нейстали.....	132
1.5. Миконейстон.....	133
1.6. Эпинейстон и зоонейстон.....	134
1.7. Ихтионейстон.....	142
1.8. Морская нейстонология за рубежом.....	144

Г л а в а 2. Бактерии пелагиали и бентали {Теплинская Н.Г., Ковалева Н.В.) . 146

2.1. Общий бактериопланктон.....	146
2.2. Функциональные характеристики.....	150
2.3. Сапрофиты и другие физиологические группы.....	154
2.3.1. Бактериопланктон.....	154
2.4. Сапрофитный бактериобентос и некоторые физиологические группы микроорганизмов.....	160
2.5. Бактериальное загрязнение.....	164

Г л а в а 3. Фитопланктон.....175

3.1. Открытые районы {Нестерова Д.А.).....	175
3.2. Прибрежная зона {Теренько Л.М., Теренько Г.В.).....	184
3.3. Функциональные показатели.....	191
3.3.1. Первичная продукция {Скрипник И.А.).....	191
3.3.2. Пространственно-временная характеристика хлорофилла «а» {Руснак Е.М.) .	194



Глава 3. Одесский регион (Доценко С.А., Тучковенко Ю.С., Дятлов С.Е., Рясинцева Н.И., Павлютина А.П., Секунд як А.Ю., Коновалова Т.Н., Савин П.Т., Подплетная Н.Ф., Сапко О.Ю.).....	445
3.1. Гидрологический режим и циркуляция вод (Доценко С.А., Тучковенко Ю.С.)	445
3.2. Гидрохимический режим {Тучковенко Ю.С., Дятлов С.Е., Рясинцева Н.И., Павлютина Л.П., Сапко О.Ю.).....	451
3.3. Антропогенное загрязнение {Дятлов С.Е., Рясинцева Н.И., Савин П.Т., Подплетная И.Ф., Секундяк Л.Ю., Коновалова Т.Н.).....	458
3.3.1. Тяжелые металлы.....	459
3.3.2. Нефтепродукты.....	460
3.3.3. Анионные синтетические поверхностно-активные вещества.....	460
3.4. Водные сообщества (Александров Б.Г., Миничева Г.Г., Полищук Л.Н., Нестерова Д.А.).....	461

РАЗДЕЛ IV

БИОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИИ

Глава! Экологическая биохимия	469
1.1. Стерины беспозвоночных (Кандюк Р.П.).....	470
1.2. Каротиноиды беспозвоночных (Анциупова Л.В.).....	474
1.3. Липиды и гликоген в мидиях (Лисовская В.И., Иванович Т.В.)	477
1.4. Белки и нуклеиновые кислоты в воде и донных отложениях (Головенко В.К.) ..	484
Глава 2. Марикультура	490
2.1. Культивирование двусторчатых моллюсков (Шурова Н.М., Данилова М.М.)	490
2.2. Культивирование ракообразных (Макаров Ю.Н.).....	498
2.3. Культивирование рыб (Шекк П.В.).....	499
Глава 3. Технологии переработки гидробионтов (Бойко А.И., Микулич Д.В., Кандюк Р.П., Анциупова А.В., Девярых Т.Н.).....	512
3.1. Технологии переработки морских гидробионтов (Бойко Л.И.).....	512
3.2. Полисахариды красных водорослей (Микулич Д.В.).....	516
3.3. Биохимический потенциал макрофитов (Бойко Л.И., Микулич Д.В., Анциупова Л.В.).....	524
3.4. Утилизация мидийного сырья (Бойко Л.И., Девярых Т.Н.).....	528
3.5. Биологически активные вещества культивируемых мидий (Кандюк Р.П.)	532
Глава 4. Гидробиологическая мелиорация	534
4.1. Методы управления качеством водной среды (Александров Б.Г.).....	534
4.2. Роль мидий в санитарно-бактериологической мелиорации морских вод (Говорин И.А.).....	538
4.3. Управление качеством водной среды с помощью макрофитов (Миничева Г.Г.)	543
4.4. Управления качеством водной среды с помощью обрастания твердых субстратов (Александров Б.Т.).....	549

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I. Списки водных организмов, обитающих в северо-западной части Черного моря.....	555
Таблица 1.1. Список видов водных грибов (Копытина Н.И.).....	555
Таблица 1.2. Список видов фитопланктона (Нестерова Д.А., Теренько Л.М., Теренько Т.В.).....	557

ной пространственной структуры полей течений. Ветровые течения характеризуются двухслойной вертикальной структурой в приглубых областях и наличием однонаправленного по вертикали вдольберегового течения в прибрежной зоне. Двухслойная структура ветровых течений характеризуется течениями, направленными по ветру (дрейфовыми) в поверхностном слое, и компенсационными течениями, противоположными поверхностным, в придонном слое. Компенсационные течения формируются в результате перекосов уровня моря, создаваемых дрейфовыми течениями. Вдольбереговой, однонаправленный по вертикали поток, имеет ширину, определяемую силой ветра, и обычно ограничен с морской стороны изобатой 5—10 м. Характер обтекания береговой черты Одесского региона (по часовой стрелке или против) обусловлен направлением ветра.

Вследствие ветровых течений в исследуемом регионе имеют место сгонно-нагонные явления и прибрежный апвеллинг, который, в свою очередь, приводит к возникновению очень высоких горизонтальных градиентов температуры в летний период и развитию термогалинных течений, которые накладываются на ветровую циркуляцию.

По материалам рейдовых наблюдений над течениями в Одесском заливе и вблизи м. Большой Фонтан, полученным в 1984—1988 гг. станцией Одесса-порт, и данным рейдовых наблюдений 1980—1988 гг., выполненных ГМБ «Ильичевск» вблизи Сухого лимана, установлено (Доценко, 2002, 2003), что, несмотря на сильную изменчивость, на участке прибрежной зоны от Одесского залива до м. Большой Фонтан преобладает вдольбереговой поток южного направления. Этот поток охватывает всю толщу воды от поверхности до дна. В районе м. Большой Фонтан он встречается с северо-восточным вдольбереговым потоком, образуя зону конвергенции. В дальнейшем поток имеет юго-восточное или южное направление, что косвенно подтверждает преобладание в поверхностном слое региона циркуляции циклонического характера, которая поддерживается ветровыми течениями при доминирующих ветрах северных румбов, стоковым течением из Днепро-Бугского лимана и общим характером циркуляции вод СЗЧМ.

3.2. Гидрохимический режим

Гидрохимические условия и загрязнение вод Одесского региона определяются водообменом с открытой частью моря, влиянием речного стока Днепра и Южного Буга, наличием антропогенных источников загрязнения в прибрежной зоне, особенностями гидрологического режима акватории. Описание гидрохимического режима региона приведено в работах (Практическая экология, 1990; Виноградова, Василева, 1992; Доценко и др., 1995; Гаркавая и др., 2000).

В табл. III.3.1, III.3.2 представлены средние значения и диапазоны изменения основных гидрохимических параметров исследуемой акватории для поверхностного и придонного слоев в разные гидрологические сезоны, рассчитанные по данным экологического мониторинга ОФ ИнБЮМ 1988—1999 гг. Для выделения роли местных антропогенных источников загрязнения



ТАБЛИЦА III.3.1. Основные гидрохимические характеристики эвтрофикации

Район	Горизонт	pH	O ₂	БПК ₅
Прибрежный	Поверхность	<u>8,48</u> 8,158 – 8,83	<u>10,4</u> 7,6 – 12,3	<u>2,13</u> 0 – 8,0
	Дно	<u>8,27</u> 7,9 – 8,69	<u>9,5</u> 3,8 – 12,5	<u>1,33</u> 0 – 3,4
Морской	Поверхность	<u>8,48</u> 8,21 – 8,82	<u>10,3</u> 8,6 – 12,2	<u>1,75</u> 0 – 6,7
	Дно	<u>8,28</u> 8,02 – 8,51	<u>10,0</u> 5,4 – 14,4	<u>1,34</u> 0 – 3,1
Прибрежный	Поверхность	<u>8,39</u> 7,80 – 8,90	<u>8,3</u> 2,6 – 11,9	<u>2,46</u> 0,3 – 8,5
	Дно	<u>8,01</u> 7,56 – 8,77	<u>4,2</u> 0 – 9,8	<u>1,65</u> 0 – 5,1
Морской	Поверхность	<u>8,49</u> 8,04 – 8,91	<u>8,8</u> 7,4 – 11,1	<u>2,25</u> 0,5 – 5,5
	Дно	<u>8,03</u> 7,43 – 8,74	<u>4,6</u> 0,8 – 9,5	<u>1,56</u> 0 – 5,1
Прибрежный	Поверхность	<u>8,31</u> 8,00 – 8,50	<u>10,6</u> 7,4 – 14,0	<u>1,64</u> 0,2 – 4,0
	Дно	<u>8,26</u> 8,00 – 8,40	<u>9,5</u> 6,7 – 12,2	<u>1,05</u> 0 – 2,8
Морской	Поверхность	<u>8,32</u> 7,45 – 8,55	<u>11,0</u> 9,2 – 13,8	<u>1,92</u> 0,6 – 6,9
	Дно	<u>8,26</u> 7,16 – 8,45	<u>9,7</u> 6,6 – 12,4	<u>1,62</u> 0 – 7,5

Примечание. Над чертой — среднее значение, под чертой — диапазон.

статистические характеристики вычислялись отдельно для прибрежных станций и станций в открытой части акватории. В число прибрежных включены станции, непосредственно прилегающие к береговой черте: 1, 2, 6-14, 17, 18, 21, 22, 24, 41 (см. рис. III.3.1).

Из анализа средних сезонных значений гидрохимических характеристик, приведенных в табл. III.3.1, следует, что минимальные (7–9 мкг · дм⁻³) концентрации фосфатов в фотическом слое наблюдаются весной и летом (в поверхностном слое мористой части акватории). Концентрация аммония минимальна весной (70–80 мкг · дм⁻³) и достигает максимума летом в прибрежной зоне моря (до 164 мкг · дм⁻³). Минимальные содержания нитритов и нитратов

прибрежной и мористой частей Одесского региона

NH_4	NO_2	NO_3	$\text{N}_{\text{орг}}$	PO_4	$\text{P}_{\text{орг}}$
<i>Весна</i>					
<u>83,6</u>	<u>1,3</u>	<u>21,0</u>	<u>578,3</u>	<u>9,0</u>	<u>21,8</u>
8 – 550	0 – 12,2	0 – 108	75 – 1624	0 – 25	5 – 60
<u>93,2</u>	<u>2,9</u>	<u>28,4</u>	<u>628,3</u>	<u>13,8</u>	<u>16,6</u>
0 – 470	0 – 11,7	3 – 74	78 – 3670	2,7 – 44	0 – 44
<u>69,2</u>	<u>1,4</u>	<u>28,1</u>	<u>594,7</u>	<u>7,1</u>	<u>19,3</u>
13 – 320	0 – 11,5	0 – 141	104 – 3615	0 – 20	7 – 40
<u>77,6</u>	<u>3,9</u>	<u>33,8</u>	<u>640,8</u>	<u>9,7</u>	<u>15,8</u>
0 – 276	0 – 16,7	0 – 93	152 – 3741	0 – 43	0 – 55
<i>Лето</i>					
<u>164,3</u>	<u>2,0</u>	<u>51,7</u>	<u>668,2</u>	<u>17,8</u>	<u>40,9</u>
12 – 1600	0 – 19,0	0 – 1147	32 – 2610	0 – 382	1 – 262
<u>189,5</u>	<u>5,9</u>	<u>50,4</u>	<u>648,7</u>	<u>29,5</u>	<u>40,0</u>
15 – 735	0 – 33,0	0 – 318	0,2 – 2700	0 – 160	0 – 210
<u>89,6</u>	<u>1,8</u>	<u>53,5</u>	<u>701,5</u>	<u>8,9</u>	<u>26,6</u>
12 – 400	0 – 19,0	0 – 210	9 – 2733	0 – 43	3 – 126
<u>114,1</u>	<u>6,6</u>	<u>81,1</u>	<u>670,2</u>	<u>21,4</u>	<u>23,9</u>
10 – 420	0 – 28,0	1 – 191	6 – 2131	5 – 50	0 – 123
<i>Осень</i>					
<u>109,9</u>	<u>7,2</u>	<u>73,4</u>	<u>729,0</u>	<u>27,4</u>	<u>21,4</u>
9 – 870	0,5 – 15,2	2 – 163	45 – 2104	10 – 68	6 – 66
<u>92,9</u>	<u>6,8</u>	<u>90,9</u>	<u>720,2</u>	<u>24,4</u>	<u>18,7</u>
10 – 375	1,9 – 14,1	6 – 946	214 – 1665	5 – 42	0 – 50
<u>95,1</u>	<u>3,8</u>	<u>41,3</u>	<u>690,8</u>	<u>20,0</u>	<u>21,7</u>
9 – 700	0,5 – 9,4	2 – 114	76 – 1899	0 – 38	0 – 48
<u>86,6</u>	<u>4,1</u>	<u>36,6</u>	<u>668,0</u>	<u>18,6</u>	<u>16,3</u>
10 – 320	0,3 – 9,2	8 – 158	43 – 3124	0 – 40	0 – 30

(20–30 мкг · дм⁻³) отмечаются весной, а максимальные (80–90 мкг · дм⁻³) — осенью в прибрежной зоне моря. В течение всего года концентрации аммонийного азота доминируют над концентрациями нитратов.

Концентрация органических форм азота и фосфора в весенне-летний период года многократно (в среднем в 2–3 раза для фосфора и в 3–6 раз для азота) превышает концентрацию их минеральных форм. Осенью соотношение между концентрациями органической и минеральной форм фосфора уменьшается до 1 и менее, для азота оно остается прежним. Максимальное содержание органического азота (730 мкг · дм⁻³) и фосфора (27 мкг · дм⁻³) фиксируется осенью в прибрежной зоне моря.



ТАБЛИЦА III.3.2. Относительный вклад береговых антропогенных

Источник загрязнения	Расход воды, млн м ³ · год ⁻¹	Нормируемые показатели			
		БПК _{полн}		Нитраты	
		т · год ⁻¹	%	т · год ⁻¹	%
СБО «Северная»	75,70	608,90	31,6	551,00	22,9
СБО «Южная»	52,70	716,70	37,3	376,00	15,7
ИМТП	9,10	52,11	2,7	34,47	1,4
ОПЗ	8,50	30,50	1,6	664,28	27,6
Сточные воды					
ливневые	2,90	246,48	12,8	4,21	0,2
дренажные	19,45	102,71	5,3	425,90	17,7
промышленные	36,21	166,71	8,7	349,30	14,5
Всего	204,56	1924,10	100	2405,16	100

Соотношение концентраций в воде минеральных форм азота и фосфора N:P в течение года составляет в среднем 10:1, в то время как для органических веществ оно повышается до 30:1. Изменение соотношения в сторону азота для отмершего органического вещества может быть вызвано двумя причинами: меньшей скоростью минерализации органического азота по сравнению с органическим фосфором и поступлением органического азота из антропогенных источников и рек в гораздо больших количествах, чем органического фосфора.

В целом в прибрежной зоне исследуемой акватории средние концентрации аммонийного азота и фосфатов во все сезоны года превышают концентрации, характерные для мористой части акватории. Максимальных значений это превышение достигает в летний сезон в поверхностном слое и составляет 80 % для аммония и 100 % для фосфатов. Прибрежные воды в весенне-летний период года содержат меньше нитратов и нитритов, чем воды открытой части акватории. И только осенью в прибрежной зоне их концентрация больше, чем в мористой части акватории: в поверхностном слое — на 78, в придонном — на 148 %.

Согласно данным различных литературных источников (Оуэне,

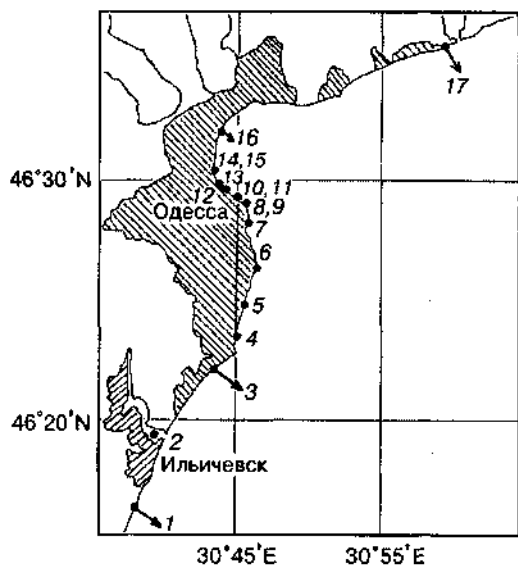


РИС. III.3.5. Основные источники загрязнения морской среды Одесского региона: 1, 2 — г. Ильичевск и Ильичевский морской торговый порт; 3 — СБО «Южная»; ливневые выпуски: 4 — 16 ст. Большого Фонтана, 5 — 10 ст. Большого Фонтана, 6 — «Аркадия», 7 — Деволановский, 8 — Платоновский, 12 — Андреевский, 13 — 1-го и 2-го Заливного переулков; 9, 11 — объекты Одесского порта; 10 — СРЗ «Украина»; 14 — ЗАО «Одесская сахарная компания»; 75 — ОТЭЦ; 16 — СБО «Северная»; 17 — Одесский припортовый завод

источников в эвтрофирование Одесского региона СЗЧМ

загрязнения							
Нитриты		Аммоний		Фосфаты		Нефтепродукты	
т · год ⁻¹	%	т · год ⁻¹	%	т · год ⁻¹	%	т · год ⁻¹	%
12,8	42,6	136,00	38,4	356,00	52,2	4,56	5,4
11,0	36,7	169,00	47,8	238,00	34,9	1,53	1,8
2,89	9,6	19,82	5,6	17,28	2,5	0,39	0,5
1,21	4,0	16,10	4,5	66,94	9,8	0,85	1,0
1,00	3,3	1,38	0,4	0,37	0,1	69,93	82,7
0,42	1,4	8,33	2,4	3,07	0,5	3,12	3,7
0,70	2,4	3,17	0,9	—	—	4,14	4,9
30,02	100	353,80	100	681,66	100	25,29	100

1977; Моделирование процессов, 1979; Ведерников и др., 1980; Парсонс и др., 1982; Имитационное моделирование, 1989; Cerco et al., 1995; Tufford, McKellar, 1999 и др.), типичные значения константы полунасыщения скорости роста фитопланктона прибрежных морских и пресноводных экосистем находятся в диапазоне концентраций 3—20 мкг · дм⁻³ — для минерального фосфора и 15—50 мг дм⁻³ — для минерального азота. Сравнивая эти величины со средними концентрациями минеральных форм азота и фосфора в поверхностном слое региона, можно сделать вывод, что фотосинтез органических веществ в весенне-летний период может лимитироваться скорее недостатком минерального фосфора, чем азота.

В весенне-летний период, когда утилизация биогенных элементов фитопланктоном при фотосинтезе в фотическом слое максимальна, а массообмен между поверхностным и придонным слоями затруднен наличием пикноклина, различия в средних сезонных концентрациях аммонийного азота между этими слоями не превышают 15 % в прибрежной зоне и 27 % в мористой части акватории, в то время как для минерального фосфора разница концентраций достигает, соответственно, 65 и 140 %. Эти цифры также свидетельствуют в пользу гипотезы о лимитирующей роли фосфора в процессе фотосинтеза. Таким образом, в весенне-летний период года продукция фитопланктона ограничивается дефицитом фосфатов в фотическом слое. В прибрежной зоне моря концентрации фосфатов и аммония, как правило, значительно выше, чем в мористой части акватории, что обусловлено влиянием коммунально-бытовых, ливневых, дренажных и промышленных стоков городов-портов Одесса, Южный, Ильичевск (рис. III.3.5), а также особенностями гидрологического режима региона. К последним относятся поступление вдоль северного берега в весенний период больших количеств аллохтонной органики и биогенных веществ вместе с языком распресненных вод из Днепровско-Бугского лимана, а также вынос биогенных веществ из придонного слоя в фотический в результате прибрежного ветрового апвеллинга в поздневесенний — летний периоды года.

Роль стонно-нагонных явлений в формировании гидрохимического режима региона обсуждена в работах (Толмазин, 1977; Виноградова, Василева, 1992; Тучковенко и др., 2003).

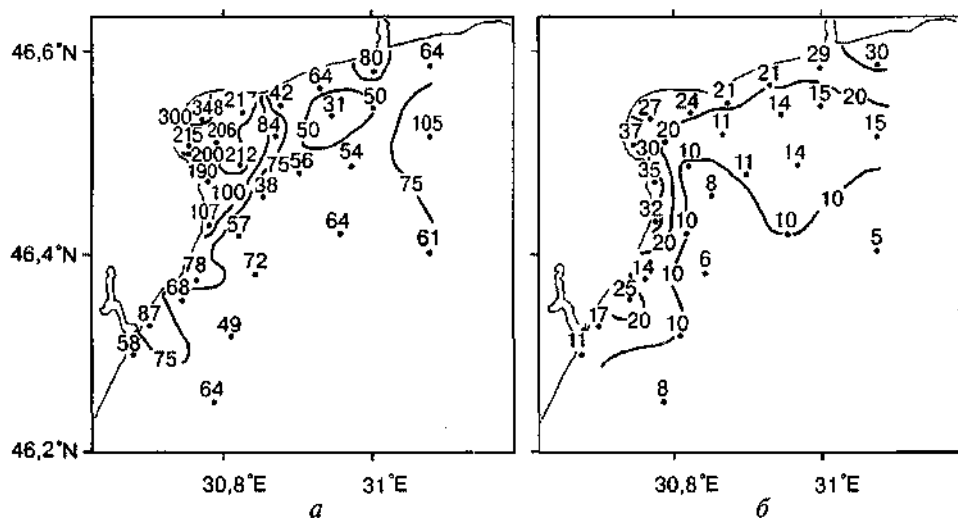


РИС. III.3.6. Распределение в поверхностном слое Одесского региона СЗЧМ аммонийного азота в мае 1998 г. (а) и фосфатов в сентябре 1999 г. (б)

Описание и сравнительная характеристика береговых антропогенных источников загрязнения исследуемой акватории приведены в работах (Дятлов и др., 2002; Тучковенко, Сапко, 2003). Наиболее мощные из идентифицированных источников — СБО «Южная» и «Северная» (табл. III.3.2). В сумме они поставляют в морскую среду 38 % нитратов, 79 — нитритов, 86 — аммонийного азота, 87 — фосфатов и 69 % — органического вещества от общего их количества, поступающего из береговых антропогенных источников. С ливневыми стоками поступает около 13 % общего сброса ОВ и 83 % сброса нефтепродуктов, причем сброс этих вод, в отличие от остальных источников, осуществляется залпом в дни сильных ливней. Очевидно, что в этот период вклад ливневых вод в загрязнение прибрежной зоны Одессы доминирует. Сток дренажных вод представляет собой существенный источник азота нитратов (около 18 %). Сточные воды ОПЗ поставляют 28 % общего количества нитратов и почти 10 % фосфатов.

Максимальные концентрации БВ и ОВ наблюдаются в районах расположения основных антропогенных источников: СБО «Северная» и «Южная», Одесский залив, выпуски ОПЗ и порта Ильичевск (рис. III.3.6).

Экологический мониторинг показал, что в августе—сентябре в придонном слое исследуемой акватории могут развиваться гипоксийно-аноксийные явления (Практическая экология, 1990; Виноградова, Василева, 1992; Доценко и др., 1995; Тучковенко и др., 2003). В частности, дефицит кислорода был зафиксирован во время съемок в августе 1988, 1989, 1990, 1994, 1998 гг. и в сентябре 1999 г. (рис. III.3.7). Признаки гипоксии не прослеживались в августе 1992, 1993, 1995 и в сентябре 1997 гг. Основные климатические факторы, которые способствуют возникновению гипоксии в летний период года: образование сезонного пикноклина; ослабление ветровой деятельности; интенсификация процессов потребления кислорода

на биохимическое окисление органического вещества (БПК_5) в воде и донных отложениях.

Развитие гипоксии в придонном слое в летний период способствует интенсификации потоков аммония и фосфатов из донных отложений, замедлению нитрификации, а также убыли нитратов в процессе денитрификации. В результате летом в придонном слое акватории отмечаются максимальные концентрации фосфатов и аммония.

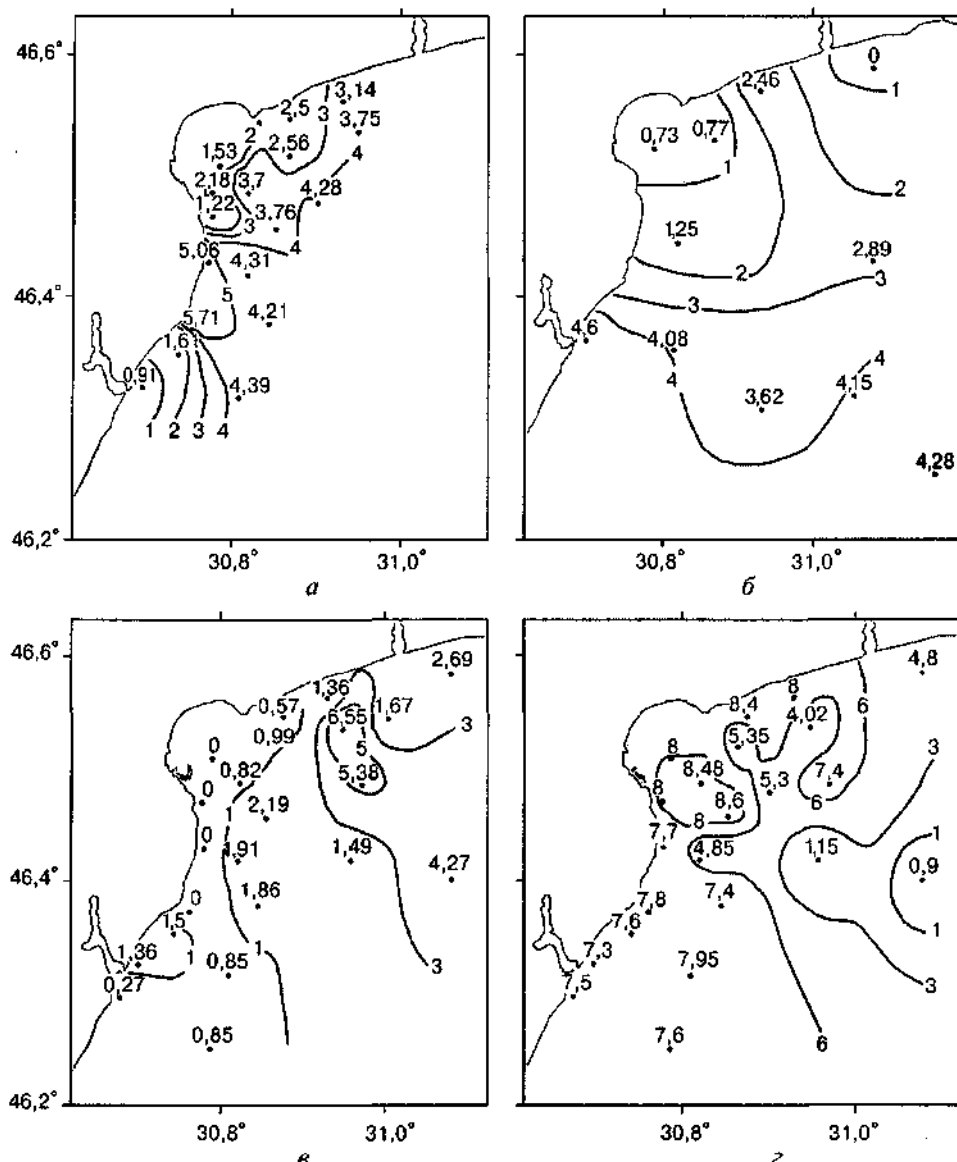


РИС. Ш.3.7. Концентрация растворенного кислорода ($\text{мг} \cdot \text{дм}^{-3}$) в водах придонного слоя в августе 1988 (а), 1990 (б), 1994 (в) и сентябре 1999 (г) гг.