

## Одесский регион

Район исследований (рис. III.3.1) охватывает прибрежную акваторию Черного моря от с. Санжийка до Малого Аджалыкского (Григорьевского) лимана и известен как полигон «Одесский регион СЗЧМ» ОФ ИнБЮМ, на котором регулярно проводятся гидролого-гидрохимические исследования и мониторинг антропогенного загрязнения морских экосистем (Дятлов и др., 1994; Рясинцева и др., 2000; Дятлов, 2001; Дятлов, Никулин, 2003).

Площадь этой акватории ~ 550 км<sup>2</sup>. Максимальная глубина 28 м. Изобата 10 м пролегает в среднем на расстоянии 1 км от береговой черты между м. Северный и Малым Аджалыкским лиманом. Изобата 20 м располагается на расстоянии 3 км от береговой черты. Самая мелководная зона акватории — Одесский залив, средняя глубина его около 8 м (Практическая экология..., 1990).

### 3.1. Гидрологический режим и циркуляция вод

Одесский регион СЗЧМ входит в состав Днепровско-Бугского приустьевое участка (Большаков, 1970). Однако его гидрологический и гидрохимический режимы имеют отличительные особенности, позволяющие рассматривать эту акваторию как отдельный район (Практическая экология..., 1990; Гаркавая и др., 2000; Доценко, 2003; Тучковенко и др., 2003). К таким особенностям относятся: 1) доминирование ветровых течений, влияние Одесской банки на характер циркуляции вод; 2) сезонная изменчивость степени влияния пресного стока Днепра и Южного Буга на гидрологическую структуру, динамику и гидрохимические показатели качества вод региона; 3) развитие ветрового прибрежного апвеллинга, обеспечивающего водо- и мае-

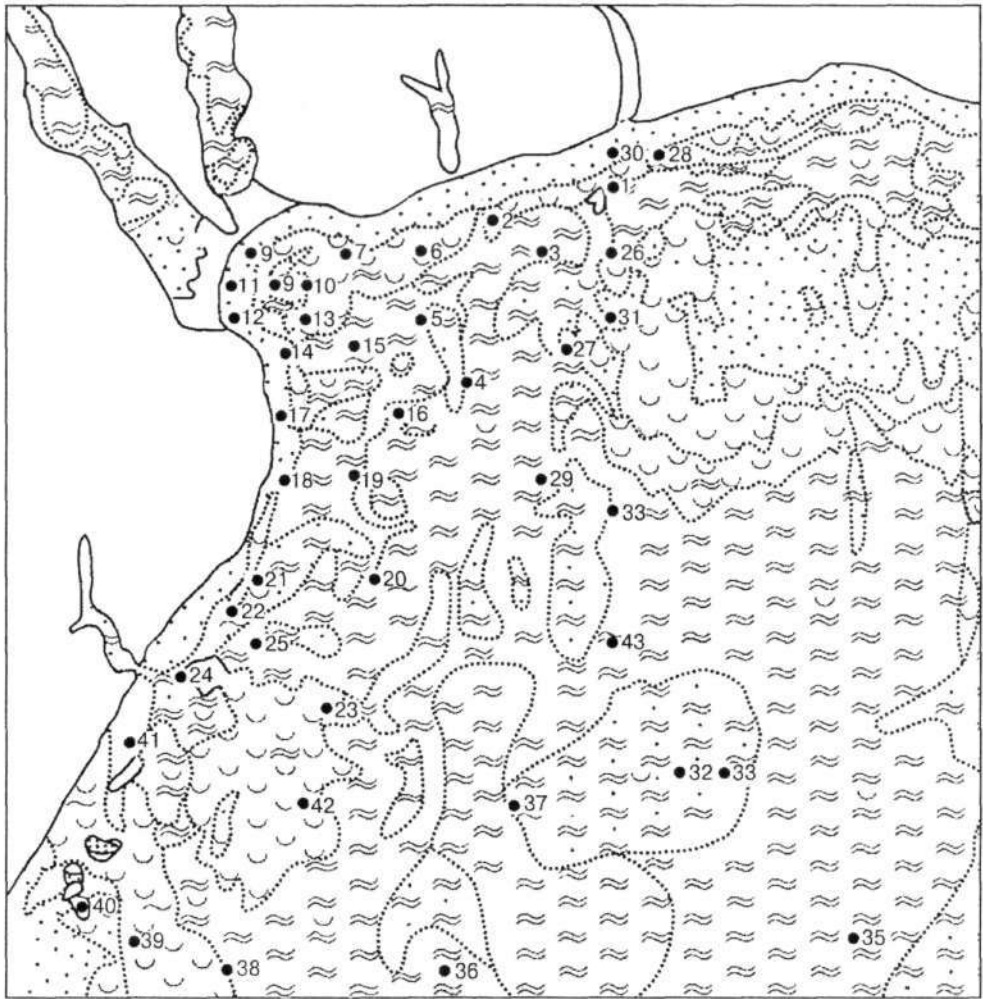


РИС. III.3.1. Карта-схема полигона «Одесский регион СЗЧМ».

Ил: 1 — глинистый, 2 — алевритовый; 3 — ракушечник; 4 — песок; 5 — литологическая граница; 6 — станция отбора проб и ее номер

сообмен между поверхностным и придонным слоями акватории в летний период года; 4) наличие в прибрежной зоне значимых антропогенных источников эвтрофирования и загрязнения морской среды.

Степень влияния речного стока на гидрологические и гидрохимические условия в регионе определяется сезонной изменчивостью расходов Днепра и Южного Буга, а также преобладающими ветрами. Наиболее благоприятные условия для проникновения языка трансформированных речных вод, выходящих из Днепроовско-Бугского лимана в исследуемую акваторию, со-

здаются в весенний период (апрель—май), когда расход р. Днепр максимален, а уменьшение повторяемости ветров северных румбов сопровождается увеличением повторяемости юго-восточных и южных ветров. Этот вывод подтверждается данными наблюдений за соленостью на станции Одесса-порт (Демидов, 1991) и результатами гидрологических съемок ОФ ИнБЮМ, реализованных в ходе экологического мониторинга 1988—1999 гг. (Доценко, 2003).

Температура и соленость воды Одесского региона имеют ярко выраженный сезонный ход. Согласно климатическим данным станции Одесса-порт (Демидов, 1991), минимальная средняя месячная температура поверхностного слоя воды (0,7 °С) наблюдается в феврале. В марте начинается постепенный прогрев водной массы и продолжается до августа, когда температура воды достигает максимальных значений (21 °С). Характерно, что в летние месяцы температура воды в прибрежной зоне на несколько градусов ниже, чем в мористой части акватории, что связано с систематическими ветровыми апвеллингами при сгонах (Толмазин, 1963). Затем в результате осенне-зимнего охлаждения температура воды постепенно понижается до своего минимума в феврале.

Сезонные колебания солености воды поверхностного слоя обусловлены изменчивостью стока Днепра. Минимальные значения солености воды в Одесском регионе наблюдаются в апреле—мае (среднемесячная — 11,7 ‰). В период с июня по сентябрь отмечаются уменьшение речного стока и повышение солености до 16 ‰ (Демидов, 1991).

В годовом ходе температуры и солености поверхностных вод Одесского региона СЗЧМ выделяют следующие гидрологические сезоны: весна (апрель—июнь), лето (июль—сентябрь), осень (октябрь—декабрь) и зима (январь—март). Март относится к зиме из-за низкой температуры воды, а июнь — к весне вследствие пониженной солености, тогда как температура воды в этом месяце достаточно высока и может считаться летней.

Главные факторы, формирующие термогалинную структуру вод региона в весенний период, — это речной сток и прогрев воды. Распреснение и одновременный прогрев поверхностного слоя формируют весной подповерхностный слой скачка плотности на горизонте 0,5—1,0 м. В начале сезона температура воды поверхностного слоя составляет 7—9 °С, в мае повышается до 13—15, в июне достигает 18—19 °С. При этом происходит постепенное опускание слоя скачка до горизонта 5—7 м. Температура придонного слоя, как правило, в начале весеннего сезона составляет 4—5 °С, к его концу повышается до 7—8 °С. Соленость поверхностных вод у северного берега в пик половодья снижается до 6—8, а к концу сезона повышается до 13—15 ‰. При этом у дна соленость колеблется в пределах 15—17, и лишь на мелководье из-за перемешивания может снижаться до 9—11 ‰.

Среднее распределение солености на поверхности акватории в весенний период хорошо иллюстрирует проникновение распресненных вод днепровско-бугского генезиса в Одесский регион вдоль северного берега и далее в южном направлении. При этом с юго-востока наблюдается вклинивание более соленых морских вод (рис. III.3.2).

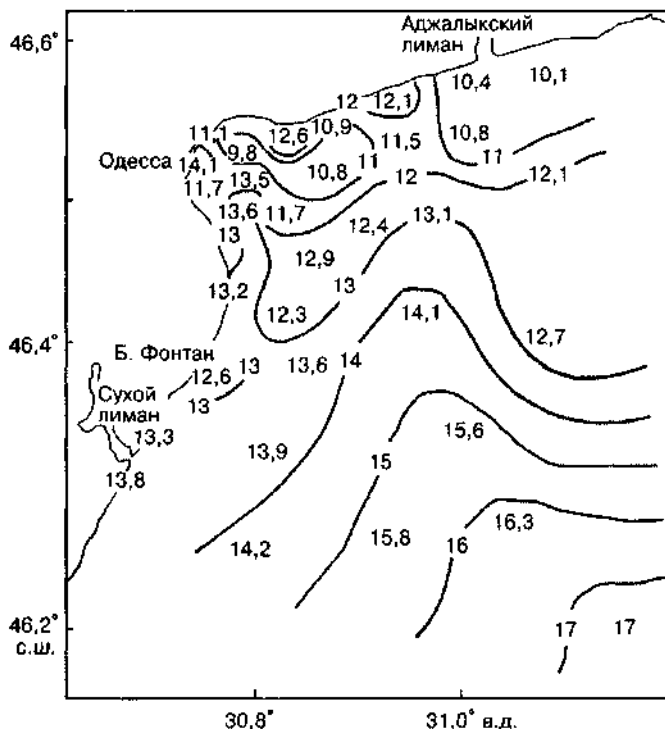


РИС. III.3.2. Распределение солености (‰) на поверхности в весенний период (усреднение по всем съемкам 1988–1999 гг.)

Летом, в связи с уменьшением речного стока, вклад солености ослабляется и увеличивается вклад температуры в вертикальную стратификацию. Слой скачка плотности с прогревом постепенно опускается на глубину 10–13 м. Температура воды поверхностного слоя в летний период достигает 21–23 °С, в придонном слое она колеблется от 5–10 °С под слоем скачка до 17–22 °С на мелководье. Соленость по площади акватории меняется мало, однако во времени она может колебаться в пределах 14–17 ‰ в поверхностном слое и 16–17,5 ‰ у дна.

В летний период года чаще всего наблюдается пространственная однородность в распределении температуры и солености воды поверхностного слоя, что связано с ослаблением ветровой активности и длительными периодами безветрия. Однако периодически, при доминировании сгонных северных, северо-западных и западных ветров, в прибрежной полосе Одесского региона развивается прибрежный апвеллинг. Во время сгона прогретая вода поверхностного слоя отгоняется дрейфовыми течениями от берега в сторону открытого моря, а ее место, в результате компенсационного подтока, занимает холодная и соленая вода из придонного слоя. Обычно это явление имеет локальный пространственный характер, но иногда может охватывать все побережье.

Сгонно-нагонные явления в Одесском регионе СЗЧМ описаны в работах (Толмазин, 1963; Доценко и др., 1995; Тучковенко и др., 2003). В период мониторинга, проводимого ОФ ИНБЮМ, обширные сгонные явления были

зафиксированы во время съемок в августе 1988, 1990, 1994 гг. (рис. III.3.3). Слабые следы прибрежного апвеллинга прослеживались в августе 1992, 1995, 1998 гг. Согласно многолетним данным ГМС Одесса-порт, повторяемость сгонных ветров северного, северо-западного и западного направлений в период с июля по сентябрь составляет в сумме 48–57 % (Гидрометеорологические условия, 1986), т. е. сгоны поверхностных вод и прибрежный апвеллинг типичны для региона и определяют пространственную неоднородность гидрологических характеристик в летний период года.

В конце лета начинается постепенное охлаждение поверхностного слоя. Осенью интенсивное выхолаживание совместно с активизацией ветровой деятельности способствуют активному конвективному и ветровому перемешиванию, что приводит к разрушению вертикальной стратификации. Если в начале осени (октябрь) температура воды поверхностного слоя составляет 15–17 °С, то в конце сезона (декабрь) она снижается до 6–8 °С. В придонном слое температура в начале осени может повышаться до 15–17 °С (октябрь 1991 г. или октябрь 1996 г.), т. е. имеет место вертикальная инверсия. В конце осени у дна температура воды понижается до 6–11 °С. В это время температура поверхностных вод часто бывает ниже, чем придонных. Примерно к середине осени, с увеличением стока рек, соленость поверхностного слоя понижается. В конце осени, при активном волновом перемешивании, значения температуры воды и солености выравниваются по вертикали и в пространстве. Тогда весь район занят единой водной массой с температурой воды 8–9 °С и соленостью 16,5–17 ‰.

Наступление зимы характеризуется дальнейшим понижением температуры воды. Минимальная температура воды отмечается в феврале. Напри-

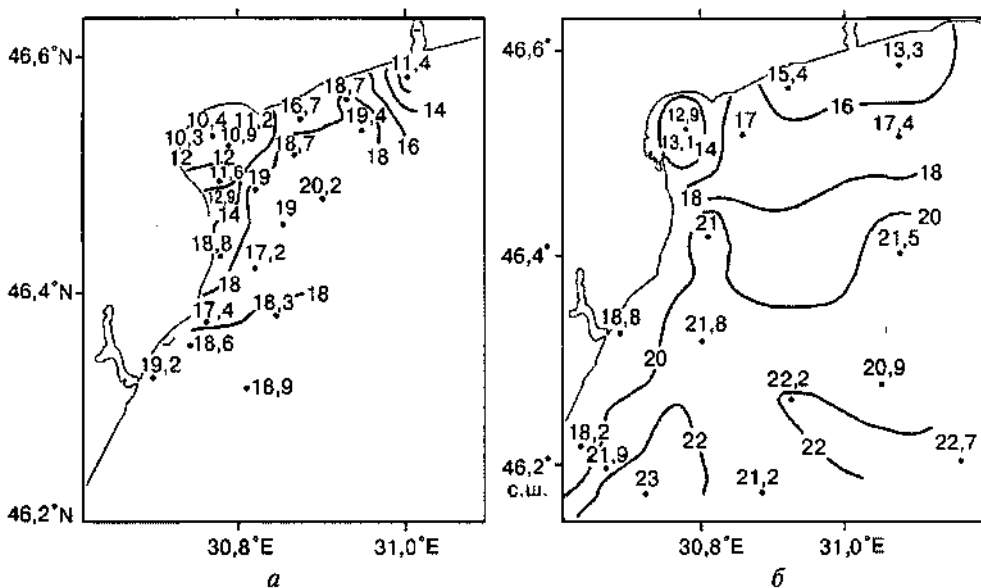


РИС. III.3.3. Пространственное распределение в поверхностном слое температуры воды (°С) в августе 1988 (а) и 1990 (б) гг.

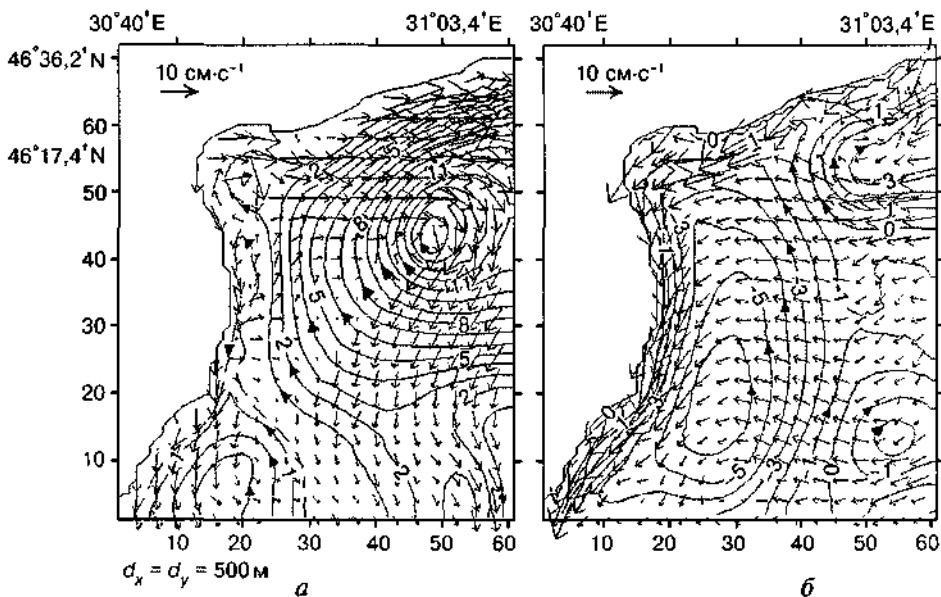


РИС. Ш.3.4. Интегральная (по глубине) функция тока ( $\times 10^3 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ) и течения в поверхностном слое при северо-западном (а) и северо-восточном (б) ветрах силой  $7 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$

мер, в феврале 1991 г. температура воды поверхностного слоя изменялась в пределах  $0,3\text{--}0,9 \text{ }^\circ\text{C}$ , а на глубинах свыше 20 м составляла около  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Соленость в зимний период изменяется незначительно.

Циркуляция вод в Днепроовско-Бугском приустьевом участке СЗЧМ и, в частности, в Одесском регионе очень изменчива и сложна по структуре. Она определяется морфологическими особенностями бассейна и в целом доминированием ветровых течений над плотностными. Последние существенно влияют на структуру результирующих течений в случае проникновения в регион языка распресненных вод из Днепроовско-Бугского лимана весной, а также при развитии ветрового апвеллинга в прибрежной зоне летом.

Расчеты ветровой циркуляции вод, выполненные с помощью численных математических моделей, показали, что определяющее влияние на характер циркуляции вод в регионе оказывает Одесская банка (Тучковенко, 2002; Доценко, 2003). При западном (восточном) и северо-западном (юго-восточном) ветрах в расчетной области доминирует антициклонический (циклонический) баротропный вихрь. В случае ветров южного (северного) и юго-западного (северо-восточного) направлений баротропный антициклонический (циклонический) вихрь локализуется в восточной части расчетной области, а над Одесской банкой формируется циклонический (антициклонический) круговорот. Поля интегральной (по глубине) функции тока и течений в поверхностном слое Одесского региона при северо-западном и северо-восточном ветрах, рассчитанные по модели (Тучковенко, 2002), приведены на рис. Ш.3.4.

Морфологические особенности бассейна обуславливают существенный вклад баротропной составляющей скорости в формирование горизонталь-

ной пространственной структуры полей течений. Ветровые течения характеризуются двухслойной вертикальной структурой в приглубких 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 Днепровско-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 <sub>2</sub>            | БПК <sub>5</sub>         |
|------------|-------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Прибрежный | Поверхность | <u>8,48</u><br>8,158 – 8,83 | <u>10,4</u><br>7,6 – 12,3 | <u>2,13</u><br>0 – 8,0   |
|            | Дно         | <u>8,27</u><br>7,9 – 8,69   | <u>9,5</u><br>3,8 – 12,5  | <u>1,33</u><br>0 – 3,4   |
| Морской    | Поверхность | <u>8,48</u><br>8,21 – 8,82  | <u>10,3</u><br>8,6 – 12,2 | <u>1,75</u><br>0 – 6,7   |
|            | Дно         | <u>8,28</u><br>8,02 – 8,51  | <u>10,0</u><br>5,4 – 14,4 | <u>1,34</u><br>0 – 3,1   |
| Прибрежный | Поверхность | <u>8,39</u><br>7,80 – 8,90  | <u>8,3</u><br>2,6 – 11,9  | <u>2,46</u><br>0,3 – 8,5 |
|            | Дно         | <u>8,01</u><br>7,56 – 8,77  | <u>4,2</u><br>0 – 9,8     | <u>1,65</u><br>0 – 5,1   |
| Морской    | Поверхность | <u>8,49</u><br>8,04 – 8,91  | <u>8,8</u><br>7,4 – 11,1  | <u>2,25</u><br>0,5 – 5,5 |
|            | Дно         | <u>8,03</u><br>7,43 – 8,74  | <u>4,6</u><br>0,8 – 9,5   | <u>1,56</u><br>0 – 5,1   |
| Прибрежный | Поверхность | <u>8,31</u><br>8,00 – 8,50  | <u>10,6</u><br>7,4 – 14,0 | <u>1,64</u><br>0,2 – 4,0 |
|            | Дно         | <u>8,26</u><br>8,00 – 8,40  | <u>9,5</u><br>6,7 – 12,2  | <u>1,05</u><br>0 – 2,8   |
| Морской    | Поверхность | <u>8,32</u><br>7,45 – 8,55  | <u>11,0</u><br>9,2 – 13,8 | <u>1,92</u><br>0,6 – 6,9 |
|            | Дно         | <u>8,26</u><br>7,16 – 8,45  | <u>9,7</u><br>6,6 – 12,4  | <u>1,62</u><br>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<sup>-3</sup>) концентрации фосфатов в фотическом слое наблюдаются весной и летом (в поверхностном слое мористой части акватории). Концентрация аммония минимальна весной (70–80 мкг · дм<sup>-3</sup>) и достигает максимума летом в прибрежной зоне моря (до 164 мкг · дм<sup>-3</sup>). Минимальные содержания нитритов и нитратов

## прибрежной и мористой частей Одесского региона

| NH <sub>4</sub> | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> | N <sub>орг</sub> | PO <sub>4</sub> | P <sub>орг</sub> |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| <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<sup>-3</sup>) отмечаются весной, а максимальные (80–90 мкг · дм<sup>-3</sup>) — 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<sup>-3</sup>) и фосфора (27 мкг · дм<sup>-3</sup>) фиксируется осенью в прибрежной зоне моря.



ТАБЛИЦА III.3.2. Относительный вклад береговых антропогенных

| Источник загрязнения | Расход воды, млн м <sup>3</sup> · год <sup>-1</sup> | Нормируемые показатели |            |                       |            |
|----------------------|---|------------------------|------------|-----------------------|------------|
|                      |   | БПК <sub>пссн</sub>    |            | Нитраты               |            |
|                      |   | т · год <sup>-1</sup>  | %          | т · год <sup>-1</sup> | %          |
| 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       |
| <b>Всего</b>         | <b>204,56</b>                                       | <b>1924,10</b>         | <b>100</b> | <b>2405,16</b>        | <b>100</b> |

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 морской 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 морской части акватории: в поверхностном слое — на 78, в придонном — на 148 %.

Согласно данным различных литературных источников (Оуэне,

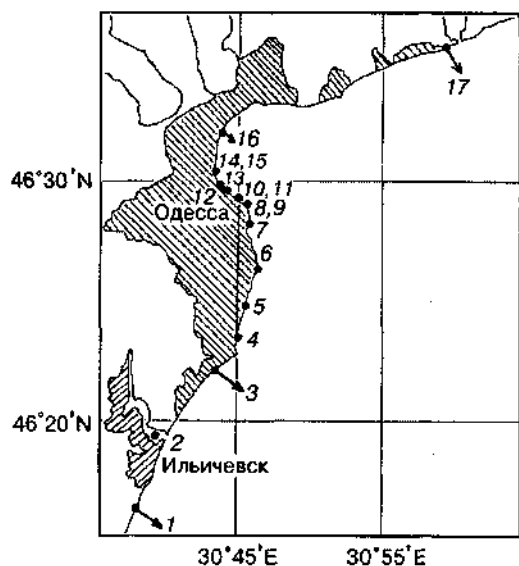


РИС. III.3.5. Основные источники загрязнения морской среды Одесского региона: 1, 2 — г. Ильичевск и Ильичевский морской торговый порт; 3 — СБО «Южная»; ливневые выпуски: 4 — 16 ст. Большого Фонтана, 5 — 10 ст. Большого Фонтана, 6 — «Аркадия», 7 — Деволановский, 8 — Платоновский, 12 — Андрюсовский, 13 — 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 <sup>-1</sup> | %    | т · год <sup>-1</sup> | %    | т · год <sup>-1</sup> | %    | т · год <sup>-1</sup> | %    |
| 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<sup>-3</sup> — для минерального фосфора и 15—50 мг дм<sup>-3</sup> — 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).

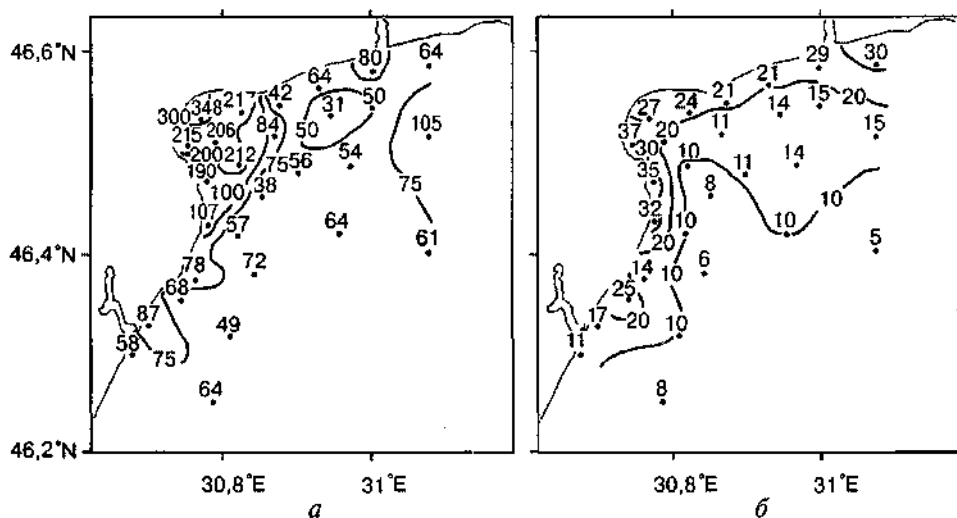


РИС. III.3.6. Распределение в поверхностном слое Одесского региона СЗЧМ аммонийного азота в мае 1998 г. (а) и фосфатов в сентябре 1999 г. (б)

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<sub>5</sub>) 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.

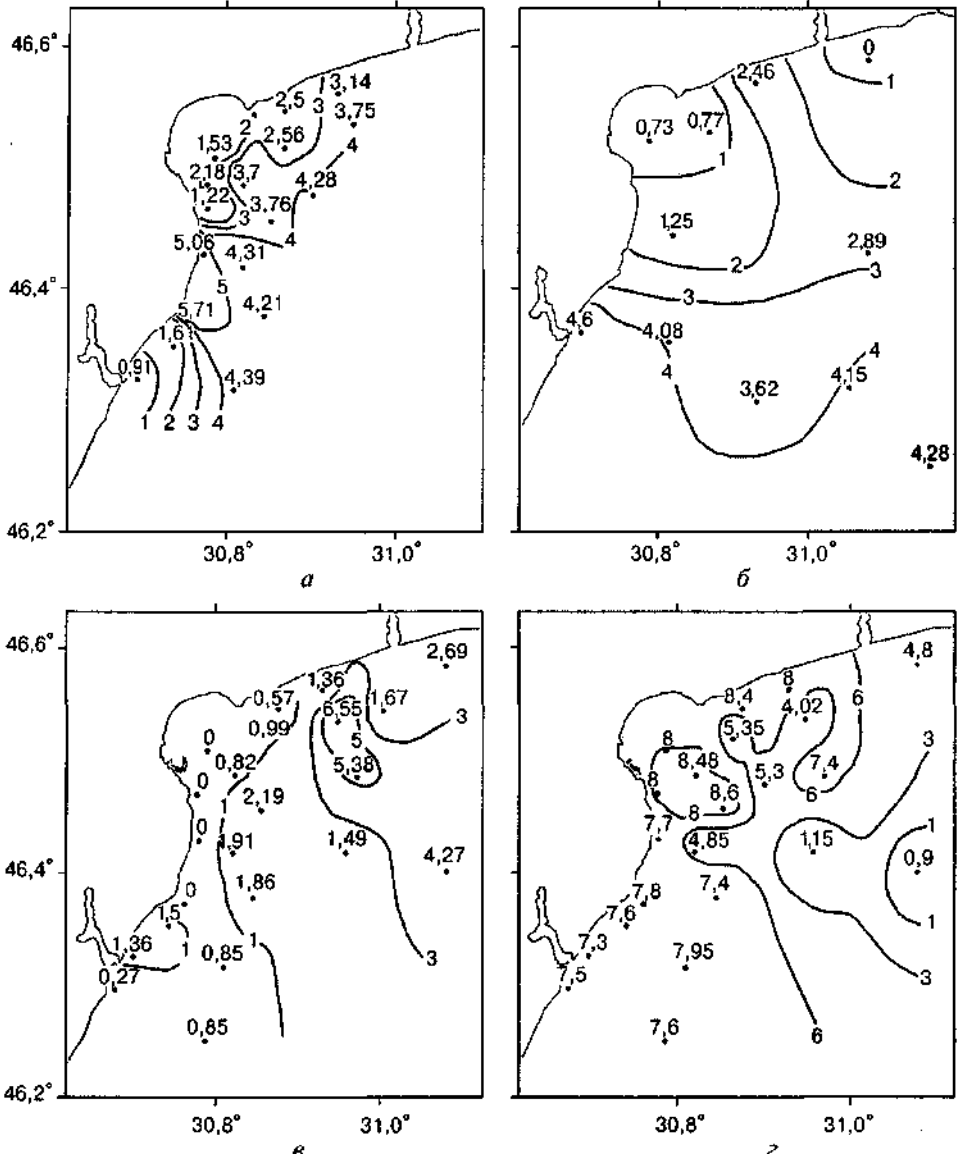


РИС. Ш.3.7. Концентрация растворенного кислорода (мг · дм<sup>-3</sup>) в водах придонного слоя в августе 1988 (а), 1990 (б), 1994 (в) и сентябре 1999 (г) гг.



## 3.3. Антропогенное загрязнение

Формирование загрязнения акватории региона происходит под влиянием, с одной стороны, основного вдольберегового потока, который содержит загрязняющие вещества, приносимые стоком Южного Буга и Днепра, с другой — местных источников — промышленных и коммунальных стоков городов Одессы и Ильичевска, а также Одесского, Южного и Ильичевского портов.

Количественная и качественные характеристики сбросов загрязняющих веществ в Одесский регион приведены С.Е. Дятловым и соавт. (2002).

Результаты обработки материалов, полученных в морских экспедициях за 12 лет, позволили описать основные тенденции загрязнения полигона тяжелыми металлами, нефтепродуктами и СПАВ (табл. III.3.3, III.3.4).

ТАБЛИЦА III.3.3. Содержание загрязняющих веществ в воде на прибрежных станциях полигона «Одесский регион СЗЧМ» (1988—1999)

| Гоизонт      | Значение | Растворенная форма мкг · дм <sup>-3</sup> |               |              |             | Взвешенная форма, мкг · дм <sup>-3</sup> |       |       |      | НП, мкг · дм <sup>-3</sup> | СПАВ, мкг · дм <sup>-3</sup> |
|--------------|----------|---|---------------|--------------|-------------|--|-------|-------|------|----------------------------|------------------------------|
|              |          | Cu  | Zn            | Ni           | Cd          | Cu                                       | Zn    | Ni    | Cd   |                            |                              |
| <i>Весна</i> |          |   |               |              |             |  |       |       |      |                            |                              |
| Поверхность  | Min      | 0,09                                      | 0             | 0            | 0           | 0  | 0,24  | 0     | 0    | 0                          | 0                            |
|              | Max      | <b>8,21*</b>                              | <b>58,91</b>  | 3,41         | 1,08        | 3,01                                     | 14,32 | 3,82  | 0,67 | <b>0,28</b>                | 91                           |
|              | Среднее  | 1,85                                      | 8,78          | 1,21         | 0,24        | 0,72                                     | 4,20  | 0,86  | 0,17 | <b>0,07</b>                | 25                           |
| Дно          | Min      | 0,07                                      | 0             | 0            | 0           | 0  | 0     | 0     | 0    | 0                          | 0                            |
|              | Max      | <b>9,14</b>                               | <b>118,11</b> | <b>21,42</b> | 0,97        | 7,55                                     | 30,80 | 13,15 | 0,58 | <b>0,2</b>                 | 62                           |
|              | Среднее  | 3,15                                      | 12,71         | 2,34         | 0,22        | 1,52                                     | 6,35  | 1,32  | 0,17 | <b>0,05</b>                | 21                           |
| <i>Лето</i>  |          |   |               |              |             |  |       |       |      |                            |                              |
| Поверхность  | Min      | 0,63                                      | 0             | 0            | 0           | 0,72                                     | 0     | 0     | 0    | 0,01                       | 0                            |
|              | Max      | <b>16,98</b>                              | <b>82,24</b>  | 4,12         | <b>5,71</b> | 43,35                                    | 85,87 | 10,32 | 2,23 | <b>0,23</b>                | <b>150</b>                   |
|              | Среднее  | 2,33                                      | 17,32         | 1,23         | 0,42        | 1,28                                     | 9,52  | 1,24  | 0,40 | <b>0,07</b>                | 37                           |
| Дно          | Min      | 0,52                                      | 0             | 0            | 0           | 0,17                                     | 1,29  | 0     | 0    | 0                          | 0                            |
|              | Max      | <b>8,33</b>                               | <b>190,10</b> | <b>13,84</b> | 1,69        | 16,27                                    | 56,50 | 6,37  | 1,20 | <b>0,16</b>                | <b>110</b>                   |
|              | Среднее  | 2,85                                      | 25,15         | 3,19         | 0,31        | 1,955                                    | 10,2  | 1,33  | 0,34 | 0,05                       | 28                           |
| <i>Осень</i> |          |   |               |              |             |  |       |       |      |                            |                              |
| Поверхность  | Min      | 0,38                                      | 0             | 0            | 0           | 0,02                                     | 0,67  | 0,10  | 0    | 0,01                       | 0                            |
|              | Max      | <b>7,83</b>                               | <b>111,16</b> | 2,92         | 1,69        | 4,37                                     | 60,05 | 7,45  | 0,71 | <b>0,26</b>                | 98                           |
|              | Среднее  | 1,58                                      | 20,03         | 1,25         | 0,39        | 0,65                                     | 6,29  | 1,18  | 0,21 | 0,04                       | 27                           |
| Дно          | Min      | 1,36                                      | 0             | 0            | 0           | 0,29                                     | 2,35  | 0,11  | 0    | 0                          | 0                            |
|              | Max      | <b>10,22</b>                              | 211,1         | <b>17,9</b>  | 0,72        | 4,8                                      | 31    | 5,55  | 0,72 | 0,1                        | 82                           |
|              | Среднее  | 3,51                                      | 30,34         | 2,84         | 0,31        | 1,786                                    | 7,61  | 1,49  | 0,21 | 0,03                       | 27                           |
| ПДК          |          | 5,00                                      | 50,00         | 10,00        | 5,00        | —  | —     | —     | —    | 0,05                       | 100                          |

\*Здесь и в табл. III.3.4 жирным шрифтом отмечено превышение ПДК.

ТАБЛИЦА III.3.4. Содержание загрязняющих веществ в воде на морских станциях полигона «Одесский регион СЗЧМ» в период с 1988 по 1999 г.

| Горизонт     | Значение | Растворенная форма, мкг · дм <sup>-3</sup> |               |       |             | Взвешенная форма, мкг · дм <sup>-3</sup> |        |       |       | НП, мкг · дм <sup>-3</sup> | СПАВ, мкг · дм <sup>-3</sup> |
|--------------|----------|--|---------------|-------|-------------|--|--------|-------|-------|----------------------------|------------------------------|
|              |          | Cu   | Zn            | Ni    | Cd          | Cu                                       | Zn     | Ni    | Cd    |                            |                              |
| <i>Весна</i> |          |  |               |       |             |  |        |       |       |                            |                              |
| Поверхность  | Min      | 0,54                                       | 0             | 0,09  | 0           | 0,08                                     | 0,41   | 0     | 0     | 0                          | 0                            |
|              | Max      | <b>5,70</b>                                | <b>92,18</b>  | 11,10 | 3,20        | 4,57                                     | 36,04  | 12,2  | 0,75  | <b>0,26</b>                | 68                           |
|              | Среднее  | 1,74                                       | 10,11         | 1,46  | 0,24        | 0,80                                     | 5,31   | 1,00  | 0,19  | <b>0,07</b>                | 22                           |
| Дно          | Min      | 1,20                                       | 0             | 0,43  | 0           | 0,34                                     | 1,47   | 0,15  | 0     | 0                          | 0                            |
|              | Max      | <b>8,48</b>                                | <b>65,18</b>  | 3,79  | 1,21        | 9,35                                     | 131,94 | 5,16  | 0,79  | <b>0,22</b>                | 85                           |
|              | Среднее  | 2,58                                       | 11,67         | 1,88  | 0,20        | 1,57                                     | 8,14   | 1,28  | 0,20  | <b>0,04</b>                | 23                           |
| <i>Лето</i>  |          |  |               |       |             |  |        |       |       |                            |                              |
| Поверхность  | Min      | 0,41                                       | 0             | 0     | 0           | 0  | 0      | 0     | 0     | 0,01                       | 0                            |
|              | Max      | <b>36,37</b>                               | <b>82,70</b>  | 4,65  | <b>5,07</b> | 11,35                                    | 21,69  | 3,98  | 1,15  | <b>0,25</b>                | <b>190</b>                   |
|              | Среднее  | 2,44                                       | 14,07         | 1,12  | 0,32        | 0,76                                     | 5,01   | 0,90  | 0,28  | <b>0,06</b>                | 33                           |
| Дно          | Min      | 0,37                                       | 0             | 0     | 0           | 0,07                                     | 0      | 0     | 0     | 0                          | 0                            |
|              | Max      | <b>9,55</b>                                | <b>194,62</b> | 7,97  | 2,68        | 7,63                                     | 32,28  | 8,38  | 1,31  | <b>0,26</b>                | 80                           |
|              | Среднее  | 2,65                                       | 23,31         | 2,91  | 0,34        | 1,99                                     | 9,77   | 1,32  | 0,27  | 0,05                       | 24                           |
| <i>Осень</i> |          |  |               |       |             |  |        |       |       |                            |                              |
| Поверхность  | Min      | 0,79                                       | 0             | 0,56  | 0,08        | 0,05                                     | 0      | 0     | 0     | 0,01                       | 0                            |
|              | Max      | <b>9,34</b>                                | <b>76,72</b>  | 2,46  | 0,80        | 3,10                                     | 33,94  | 1,45  | 0,72  | 0,21                       | 55                           |
|              | Среднее  | 2,06                                       | 11,48         | 1,25  | 0,43        | 0,60                                     | 5,20   | 0,77  | 0,176 | 0,05                       | 27                           |
| Дно          | Min      | 0,55                                       | 0             | 0     | 0           | 0,06                                     | 0,26   | 0,29  | 0     | 0                          | 0                            |
|              | Max      | 11,30                                      | 50,06         | 4,40  | 0,86        | 19,98                                    | 63,71  | 16,98 | 0,96  | 0,13                       | 100                          |
|              | Среднее  | 2,70                                       | 13,67         | 2,12  | 0,37        | 1,79                                     | 7,59   | 1,70  | 0,22  | 0,03                       | 28                           |
| ПДК          |          | 5,00                                       | 50,00         | 10,00 | 5,00        | —  | —      | —     | —     | 0,05                       | 100                          |

## 3.3.1. Тяжелые металлы

В водах Одесского региона преобладает взвешенная форма металлов. Перераспределение соотношения содержаний растворенной и взвешенной форм металлов по сезонам обусловлено изменчивостью окислительно-восстановительных условий и переносом из донных отложений. Загрязнение донных отложений полигона связано с хроническим загрязнением вод, замедленным водообменом, а также наличием большого количества взвешенного вещества органического и минерального происхождения, способствующего переносу металлов из воды в донные отложения (Практическая экология..., 1990). Однако среднее содержание тяжелых металлов в воде полигона за все годы наблюдений не превышало ПДК (табл. III.3.3, III.3.4).

*Медь.* Максимальное содержание  $\text{Cu}$  в на прибрежных станциях составило 16,98 и 10,22 мкг · дм<sup>-3</sup> в поверхностном и придонном горизонтах соответственно, на морских — 36,37 и 11,30 мкг · дм<sup>-3</sup> соответственно. Максимальное содержание  $\text{Cu}_{\text{юв}}$  на прибрежных станциях — 43,35 и 16,27 в поверхностном и придонном горизонтах соответственно, на морских — 11,35 и 19,98 мкг · дм<sup>-3</sup> соответственно. Превышение ПДК отмечено в 83 случаях.

*Цинк.* Максимальное содержание растворенной формы цинка на прибрежных станциях составило 111,6 и 211,6 мкг · дм<sup>-3</sup> в поверхностном и придонном горизонтах соответственно, на морских — 92,8 и 194,62 мкг · дм<sup>-3</sup> соответственно. Количество случаев превышения ПДК составило 60.

*Никель.* На прибрежных станциях в поверхностном слое содержание никеля в воде ни разу не превысило ПДК, а в придонном слое максимальное содержание его растворенной формы составило 21,42 мкг · дм<sup>-3</sup>. На морских станциях максимальное содержание растворимой формы никеля составило 11,10 мкг · дм<sup>-3</sup> (1,1 ПДК). Всего же отмечено 8 случаев превышения ПДК.

*Кадмий.* Превышения ПДК отмечены только в двух случаях, при максимальном значении 5,7 мкг · дм<sup>-3</sup>. Кадмий обладает высокой сорбционной способностью, что и определяет его переход в донные отложения (Дятлов, Никулин, 2003).

### 3.3.2. Нефтепродукты

В период 1975—1977 гг. среднее содержание нефтепродуктов в поверхностном горизонте составляло 10—18 ПДК, причем максимальные значения зафиксированы в 1977 г. — 3,89 мг · дм<sup>-3</sup> (77 ПДК), при среднем содержании в воде 0,88 мг · дм<sup>-3</sup> (17,6 ПДК). В период 1977—1992 гг. наблюдается устойчивая тенденция к снижению уровня нефтяного загрязнения. Так, в 1986 г. средняя концентрация нефтепродуктов в воде составила 0,13 мг · дм<sup>-3</sup> (2,5 ПДК) при максимальных значениях 0,58 мг · дм<sup>-3</sup> (11,6 ПДК).

Повышенные концентрации нефтепродуктов могут быть обусловлены не только непосредственной близостью источников загрязнения, но и особенностями переноса водных масс и собственно загрязняющих веществ. Локальные зоны повышенного их содержания (например, междуречье Дуная и Днестра) формируются в результате конвергенции потоков, транспортирующих нефтепродукты (Савин и др., 2000).

По данным наблюдений за период с 1988 по 1999 г., содержание нефтепродуктов в донных отложениях колебалось от 0,01 до 19,39 г · кг<sup>-1</sup> сухого грунта при среднем содержании — 1,59 г · кг<sup>-1</sup> сухого грунта. Наиболее интенсивно загрязнены нефтепродуктами акватории портов.

### 3.3.3. Анионные синтетические поверхностно-активные вещества

Рост производства и потребления анионных СПАВ приводит к их постоянному поступлению в прибрежную зону моря как непосредственно со сточными водами, так и в результате трансграничного переноса (атмосферные осадки, речной сток, грунтовые воды).

Склонность СПАВ к образованию поверхностных пленок, пенообразованию, эмульгированию, солюбилизации и сорбции вызывает нарушение газового обмена между атмосферой и водной массой, а также способствует аккумуляции других загрязняющих веществ и микроорганизмов в поверхностно-активном слое морских вод.

Систематические исследования, проводимые в период с 1988 по 1999 г., обнаружили чрезвычайно высокую неоднородность пространственно-временного распределения СПАВ. За весь период наблюдений отмечены единичные случаи превышения ПДК, причем все они относятся к летним съемкам (табл. III.3.3, III.3.4) и связаны с зонами влияния конкретных источников поступления СПАВ в акваторию. Это сбросы хозяйственных сточных вод ОПЗ (ст. 6 и 28), СБО «Южная» (ст. 22), внешний рейд Ильичевского порта (ст. 42), судоходный канал (ст. 29). Содержание СПАВ в придонном горизонте несколько ниже, чем в поверхностном, что соответствует их физико-химическим свойствам и склонности концентрироваться на границе раздела атмосферы и гидросферы.

### 3.4. Водные сообщества

Морская прибрежная зона в пределах Одесского региона отличается высоким разнообразием биотопов: песчаные отмели, пляжи, участки скал и отсыпки камней гранита и понтического известняка, а также различные бетонные гидротехнические сооружения — от портовых причалов до берегоукрепительных конструкций траверсов и волноломов. Все это создает условия для формирования в морской прибрежной зоне высокого разнообразия литоральных сообществ гидробионтов.

Основу первого трофического звена в прибрежной зоне до глубины 5—7 м составляют макрофиты, большая часть которых представлена многоклеточными водорослями. Используя для закрепления твердые природные и антропогенные субстраты, прикрепленная растительность в узкой прибрежной зоне создает более 95 % первичной продукции и во многом определяет трофический статус и качество водной среды.

В результате сукцессии растительности, которая произошла в связи с эвтрофированием СЗЧМ, доминирующие сообщества многолетней бурой водоросли *Cystoseira barbata* были заменены сезонными макрофитами из отделов красных и зеленых водорослей. В настоящее время доминирующими видами макрофитов в обрастании твердых субстратов в различные сезоны года являются зеленые водоросли родов *Enteromorpha* и *Cladophora*, а также красные водоросли рода *Ceramium*.

В зоне заплеска на поверхности гидротехнических сооружений, особенно в холодный период года, формируется пояс из нитчатых зеленых водорослей *Urospora penicilliformis* и видов рода *Ulothrix*. Ниже на уровне кромки воды образуется пояс из синезеленых и диатомовых водорослей. Горизонт до 0,5 м в основном занят зелеными макрофитами, с глубиной преимущественно развиты красные водоросли из родов *Ceramium*, *Polysiphonia*. В зимний и ранне-весенний период года на твердом субстрате формируется холодолюбивый комплекс, представленный бурыми водо-



рослями *Scytosiphon lomentaria* и *Ectocarpus confervoides*, а также красной пластинчатой водорослью *Porphyra leucosticta*. Новым доминантом холодного периода года на Одесском побережье в последние 10 лет стала бурая водоросль — арктобореальный вселенец *Desmarestia viridis*. В защищенных акваториях пляжей на песчаном субстрате в небольших количествах встречается морская трава *Zostera marina*.

В настоящее время биоразнообразии ценоза обрастания гидротехнических сооружений Одесского побережья, включая таких беспозвоночных, как черви, ракообразные, моллюски и прочие, составляет 38 видов (Воробьева, Синегуб, 2000). Главная роль среди обрастателей принадлежит двустворчатому моллюску мидии, биомасса которой составляет около 95 % общей биомассы всего обрастания Одесского побережья. В этом ценозе основные группы мелких беспозвоночных представлены червями — нематодами и турбелляриями, ракообразными — гарпактикоидами, ракушковыми раками — остракодами и морскими клещами — галакаридами.

Количественные показатели фитопланктона у побережья Одессы по сравнению с 1980—1990-ми годами не возросли. Максимальная численность видов, периодически вызывающих «цветение воды» в прибрежной зоне, не превышала численности обитателей открытых районов моря. Установлено 11 видов, формирующих «цветение» воды, при этом колебание их численности составило 0,5—153,6 млн кл. · дм<sup>-3</sup>, биомассы — 0,1—517,5 г · м<sup>-3</sup> (табл. III. 3.5). Вместе с тем последствия антропогенного воздействия продолжают проявляться на уровне основных систематических отделов фитопланктона. Известно, что в эвтрофных районах моря сокращается вегетация диатомовых и усиливается — перидиниевых. Подобное происходит и у Одесского побережья, где за последние годы увеличилась численность перидиниевых, а также вырос их вклад в общую биомассу фитопланктона. В августе 2001 г. зарегистрированы вспышки перидиниевых. У побережья Одессы часто происходит «цветение» воды, сформированное диатомовой водорослью *Skeletonema costatum*, отнесенной к видам-индикаторам эвтрофированности вод.

В мае—сентябре 1994—

ТАБЛИЦА III.3.5. Максимальная численность и биомасса возбудителей «цветения» воды в Одесском регионе в 1994-2000 гг.

| Вид                              | Численность, млн кл. · дм <sup>-3</sup> | Биомасса, г · м <sup>-3</sup> |
|----------------------------------|---|-------------------------------|
| <i>Skeletonema costatum</i>      | 13,7                                    | 5,5                           |
| <i>Nitzschia delicatissima</i>   | 16,6                                    | 15,9                          |
| <i>Rhizosolenia fragilissima</i> | 12,2                                    | 60,3                          |
| <i>Cerataulina pelagica</i>      | 1,7                                     | 16,0                          |
| <i>Prorocentrum micans</i>       | 153,6                                   | 517,5                         |
| <i>Pr. cordatum</i>              | 5,6                                     | 10,6                          |
| <i>Gyrodinium cornutum</i>       | 0,5                                     | 0,5                           |
| <i>Heterocapsa triquetra</i>     | 0,9                                     | 6,5                           |
| <i>Emilianya huxleyi</i>         | 1,1                                     | 0,4                           |
| <i>Ankistrodesmus arcuatus</i>   | 1,9                                     | 0,1                           |
| <i>Oscillatoria kisselevi</i>    | 1,0                                     | 0,2                           |

в фитопланктоне региона обнаружено 195 видов и внутривидовых таксонов, а именно: диатомовых — 59, перидиниевых — 81, зеленых — 29, синезеленых — 12, золотистых — 13, эвгленовых — 1.

Одни виды, такие, как эвритермные *Chaetoceros socialis*, *Pseudo-nitzschia*, *S. costatum*, *Heterocapsa triquetra*, встречались в планктоне постоянно, другие более stenothermные виды найдены либо весной (*Chaetoceros karianus*, *Ch. rigidus*), либо осенью (*Leptocylindrus minimus*,

*Ceratium furca*). Численность фитопланктона колебалась от 50 до 9636 млн кл.  $\cdot$  м<sup>3</sup> биомасса — от 101 до 42,9 г  $\cdot$  м<sup>-3</sup>.

Пространственное распределение фитопланктона региона неоднородно и варьирует в зависимости от интенсивности развития отдельных видов водорослей и влияния пресноводного стока Днепровско-Бугского лимана. Так, во время весеннего паводка в мае 1994—1995 г. численность и биомасса фитопланктона уменьшалась от порта Южный к Сухому лиману. В летние месяцы при уменьшении влияния речного стока фитопланктон по акватории Одесского региона распределялся равномерно, образуя локальные пятна повышенной численности и биомассы. Например, в мае 1996 г. во время «цветения» воды, сформированного диатомовой водорослью *Pseudo-nitzschia*, численность и биомасса возрастали в зоне влияния дренажных вод и у порта Южный. Такая же картина пространственного распределения фитопланктона отмечена августе 1995 г. В сентябре 1996 г. пятно высокой численности и биомассы фитопланктона отмечено в районе Одесского порта.

Сравнение средних величин численности (2204 млн кл.  $\cdot$  м<sup>-3</sup>) и биомассы (1,4 г  $\cdot$  м<sup>-3</sup>) фитопланктона, полученных в 1994—1998 гг. в Одесском регионе, с данными 1985—1988 гг. у побережья Одессы (1388 млн кл.  $\cdot$  м<sup>-3</sup> и 6,4 г  $\cdot$  м<sup>-3</sup> соответственно) показало, что его численность незначительно увеличилась, а биомасса — уменьшилась. Принимая во внимание свойство фитопланктона чутко реагировать на изменения, происходящие в водной среде, можно сделать вывод о том, что влияние антропогенного эвтрофирования на прибрежную зону моря уменьшилось.

Развитие зоопланктона региона определяется как факторами, характерными для всей СЗЧМ в целом, так и локальными источниками антропогенного воздействия, к которым относятся гидротехнические сооружения и системы выпуска дренажных вод.

Внимание исследователей в 1970-х годах к прибрежной зоне Одесского залива было связано со строительством противооползневых гидротехнических сооружений, а также с начавшейся эвтрофикацией СЗЧМ. Первые исследования в бассейнах, образованных берегоукрепительными гидротехническими сооружениями Одессы, были осуществлены в 1973—1974 гг. (Коваль, 1984). Установлено, что из обнаруженных здесь сообществ планктонных беспозвоночных доминируют организмы меропланктона — личинки полихет, усоногих раков и двустворчатых моллюсков, а также виды-индикаторы высокого содержания органического вещества: *Tintinnoinea*, *Synchaeta*, *Pleopis polyphemoides* и личинки *Cirripedia*. Практически все упомянутые организмы являются детритофагами. Как следствие эвтрофирования в 1981—1983 гг. общая численность зоопланктона значительно возросла, повысилась роль организмов, характерных для эвтрофных вод (ночесветка, тинтинны, *Synchaeta*, *Brachionus calyciflorus*, *P. polyphemoides*). В то же время из структуры сообщества практически исчезли копеподы: *O. minuta*, *Paracalanus parvus*, *Centropages ponticus*, а также кладоцера *Penilia avirostris*, редкими стали гидроидные медузы и личинки крабов. Исследования 1991 г. выявили наметившуюся тенденцию улучшения общей экологической ситуации. Средняя численность личинок моллюсков возросла почти

ТАБЛИЦА III.3.6. Многолетняя динамика численности (экз. • м<sup>-3</sup>) основных представителей зоопланктона бассейнов пляжных акваторий Одесского побережья, имеющих ограниченный водообмен с морем

| Таксономическая группа         | 1973—1974* | 1981—1983 | 1991   |
|--------------------------------|------------|-----------|--------|
| <i>Noctiluca scintillans</i>   | 940        | 843       | 363    |
| Tintinnoinae                   | 55         | 63        | 45     |
| Rotatoria (всего)              | 56         | 3446      | 4870   |
| <i>Synchaeta</i> sp.           | —          | 3439      | 2787   |
| <i>Brachionus calyciflorus</i> | —          | 1         | 1774   |
| Cladocera (всего)              | 202        | 1146      | 170    |
| <i>Pleopsis polyphemoides</i>  | 193        | 1116      | 139    |
| <i>Penilia avirostris</i>      | 10         | 9         | 9      |
| Copepoda (всего)               | 663        | 1784      | 3004   |
| <i>Acartia clausi</i>          | 597        | 1657      | 2604   |
| <i>Pseudocalanus elongatus</i> | 4          | 2         | 29     |
| <i>Oithona minuta</i>          | 0          | 33        | 0      |
| <i>Oithona similis</i>         | 5          | 7         | 1      |
| Harpacticoida                  | 56         | 6         | 195    |
| Меропланктон (всего)           | 1384       | 4114      | 3770   |
| Личинки                        |            |           |        |
| Polychaeta                     | 295        | 191       | 928    |
| Cirripedia                     | 916        | 3728      | 2114   |
| Gastropoda                     | 0          | 2         | 12     |
| Bivalvia                       | 172        | 192       | 715    |
| Appendicularia                 |            |           |        |
| <i>Oikopleura dioica</i>       | 65         | 1         | 1      |
| Varia                          | —          | 2         | 3      |
| Весь зоопланктон               | 3365       | 11 399    | 12 226 |

\*Данные Л.Г. Коваль (1984).

на порядок, что свидетельствовало об успехе размножения родительской части популяции — характерных представителей макрозообентоса. Численность веслоногих раков утроилась. Снизилось количественное развитие таких характерных обитателей эвтрофных вод, как ночесветка *Noctiluca scintillans* и кладоцера *P. polyphemoides* (табл. III.3.6).

В ходе исследований было отмечено стимулирующее влияние дренажных вод на развитие мезозоопланктона. Эффект стимуляции, по всей видимости, связан с тем, что в зоне выхода дренажных вод отмечалось превышение температуры воды в среднем за год на 1 °С, усиление гидродинамики в 2—2,3 раза, а также превышение содержания биогенных веществ, что вызывало бурное развитие здесь одноклеточных и многоклеточных водорослей. Общая численность и биомасса зоопланктона в районе выхода дренажных вод были значительно выше (в 2 и 3 раза соответственно), чем на прилегающих акваториях.

В результате специальных исследований, проведенных с борта НИС «Спрут», а также методами визуальных оценок с использованием легководолазной техники, была составлена карта сообществ донных организмов (биоценозов) в Одесском заливе (рис. III.3.8). Выявлено существование четырех основных сообществ:

• сообщество мидии *{Mytilus galloprovincialis}* занимает площадь дна около 18,5 км<sup>2</sup>. Помимо доминирующего вида, дающего название сообществу, в биоценозе зарегистрировано еще 40 видов макрозообентоса и более 50 видов мейобентоса. Средняя биомасса — 1890 г • м<sup>-2</sup>, запасы на указанной площади — 35 000 т, из них 34 000 т составляет мидия;

• сообщество песчаной ракушки, или мии *{Mya arenaria}*: площадь — 25,5 км<sup>2</sup>, 18 видов, средняя биомасса — 70 г • м<sup>-2</sup>, запасы — 10 000 т, из них мия — 9400 т;

• сообщество сердцевидки, или церастодермы *{Cerastoderma glaucum}*: площадь — 5,5 км<sup>2</sup>, на севере и юге исследованного района, 23 вида, средняя биомасса — 48 г • м<sup>-2</sup>, запасы — 180 т, из них сердцевидка — 125 т;

• сообщество лентидиума *{Lentidium mediterraneum}*: площадь — 5,0 км<sup>2</sup>, 10 видов, средняя биомасса — 87 г • м<sup>-2</sup>, запасы — около 450 т, лентидиум — 350 т.

Вяявленное расположение донных сообществ, их площади, видовое разнообразие, численность и биомасса особей свидетельствуют об удовлетворительном состоянии экосистемы Одесского региона. Этот факт подтверждается высокой численностью мелких рыб приурезовой полосы моря — атерины и песчанки (до 300—500 особей в 1 м<sup>3</sup> воды), большей, чем в 1970-1980-х годах.

Численность бычков в регионе по результатам подводных визуальных подсчетов в августе 1993 г. составляла на разных участках дна от 2500 до 120 000 особей длиной более 6—7 см на учетной площадке 100 х 100 м. Общее количество бычков в заливе в это время оценивалось в 280 млн экз., а их общая масса достигала 10 000 т.

В конце августа на площади около 25 км<sup>2</sup> в придонных слоях воды часто регистрируются зоны отсутствия кислорода, в которых фиксируется массовый замор донных животных. В зоне замора происхо-

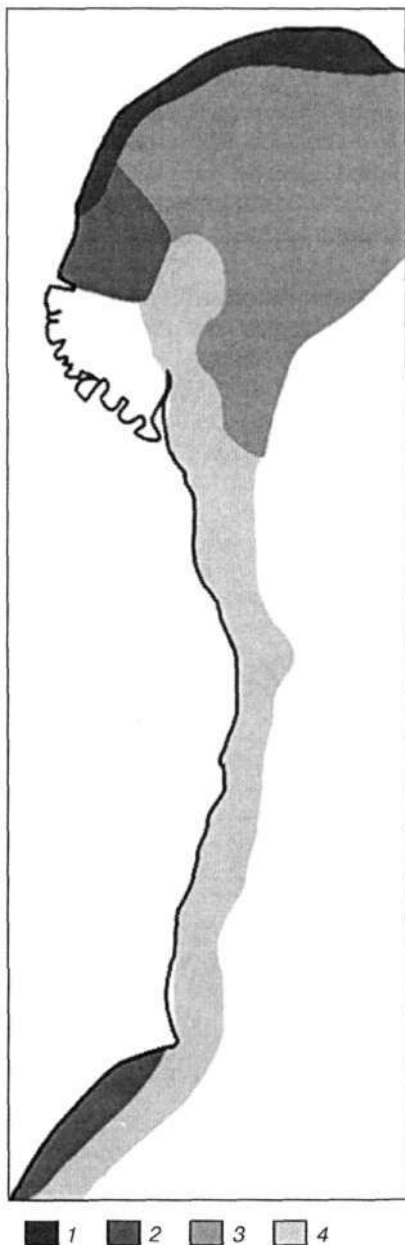


РИС. III.3.8. Схема распределения донных биоценозов Одесского региона:

/ — *Lentidium mediterraneum*; 2 — *Cerastoderma glaucum*;  
3 — *Mya arenaria*; 4 — *Mytilus galloprovincialis*

дид гибель донных беспозвоночных и рыб. Например, в 1993 г. в зоне замора погибло около 12 000 т мидии, мии и других бентических животных, в том числе от 3000 до 4000 т бычков и других рыб. Видовое разнообразие донных сообществ в зоне гипоксии сократилось на 75 %.

Большое количество органического вещества, которое разлагается после замора, вместе с органикой, поступающей из канализационных выпусков, создает благоприятную питательную среду для микроорганизмов, в том числе патогенных. Наиболее опасный (мощный) накопитель микроорганизмов в Одесском регионе — мидия. Пространственная приуроченность зоны глубокой и устойчивой гипоксии и массового замора к Одесскому региону свидетельствует о том, что недостаточно очищенные стоки города представляют собой важный источник местного органического загрязнения моря.

На основании изложенного можно сделать вывод, что после ввода в строй систем эффективной биологической очистки на СБО «Южная» и «Северная» качество воды в Одесском заливе существенно изменилось в лучшую сторону, согласно экологическим, биологическим и санитарным показателям (Зайцев и др., 1995).