

УДК 628.3 : 577.472(26)

О ВЛИЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА МОРСКИЕ ОРГАНИЗМЫ НОВОРОССИЙСКОЙ БУХТЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

А. А. КАЛУГИНА, Н. Ю. МИЛОВИДОВА, Т. В. СВИРИДОВА,
И. В. УРАЛЬСКАЯ

(Институт биологии южных морей, Севастополь)

Санитарно-биологическое состояние Новороссийской бухты привлекло к себе внимание исследователей еще 40 лет тому назад. Уже тогда Н. В. Морозова-Водяницкая (1927) указывала, что основным экологическим фактором, влияющим на распределение организмов в Новороссийской бухте, является загрязненность воды. Источниками загрязнения бухты были стоки канализационных вод, куда поступали отбросы с заводов, элеватора и пароходов. В результате многолетних исследований (Морозова-Водяницкая, 1930; Потеряев, 1936, 1936а) была выявлена степень загрязненности воды и разработана шкала сапробности морских организмов.

За последние годы в районе Новороссийской бухты загрязненность воды канализационными стоками и нефтепродуктами достигла больших масштабов. В настоящее время в г. Новороссийске сбрасывается в бухту канализационных вод втрое больше (от 15 до 30 тыс. м³ ежедневно), чем 30—40 лет назад, и они почти не очищаются. В связи с расширением танкерного флота участились случаи слива нефти в бухту. На протяжении 1961—1963 гг. новороссийской рыбинспекцией зафиксировано в год от 9 до 31 случая массового сброса нефтепродуктов, не считая сброса воды, загрязненной нефтью.

Высокая степень загрязнения бухты, естественно, должна сказаться на химическом составе воды и населяющих ее организмах. Именно поэтому Новороссийской биологической станцией в последние годы изучению этого вопроса уделялось большое внимание. Проводились исследования гидрохимического режима и состава фито- и зообентоса в связи с увеличившимся загрязнением воды. В экспериментальных условиях изучалось влияние загрязнения канализационными стоками и нефтепродуктами на организмы зоопланктона и зообентоса. Гидрохимическими исследованиями охвачены районы канализационных стоков и городских пляжей, средняя часть бухты и район у выхода из бухты. Показателями степени загрязнения воды служили величины окисляемости и особенно БПК₅, т. е. биохимическое потребление кислорода за 5 суток.

Сравнение данных, полученных Е. А. Потеряевым (1936) в 1930—1931 гг., с данными наших исследований (1962—1963 гг.) показало, что окисляемость у вершины бухты в настоящее время, как и 30 лет назад, равна 2,8 мг/л, в средней ее части увеличилась от 1,8 до 2,2 мг/л, а у выхода из бухты — от 1,5 до 1,9 мг/л. Еще значительно увеличилось по всей бухте показатели БПК₅: в вершине — более 3 мг/л (против

2,5 мг/л в 1930—1931 гг.), в средней части — 2,6 мг/л (против 1,5 мг/л), у выхода из бухты — около 2 мг/л (против 0,8—1,2 мг/л). Следовательно, район акватории порта стал более загрязненным, чем в 30-х годах. Показатели загрязнения средней части бухты увеличились почти в два раза и соответствуют прежним показателям загрязнения порта; а вход в бухту, считавшийся ранее совсем чистым районом, по загрязненности приближается к средней части бухты в 30-е годы. Таким образом, зоны загрязнения, указанные Е. А. Потеряевым, значительно сместились, и в настоящее время Новороссийскую бухту в целом можно считать загрязненным районом.

Увеличение загрязненности воды Новороссийской бухты повлекло за собой изменение в составе и распределении растительных и животных организмов. Особенно чувствительными к изменениям биогенного состава морской воды оказались водоросли-макрофиты. Исходя из того, что степень загрязненности воды можно определить по характеру населяющих ее организмов, Н. В. Морозова-Водяницкая (1927) выделила в Новороссийской бухте три флористических района: порт, средняя часть бухты и гирло с открытой частью бухты.

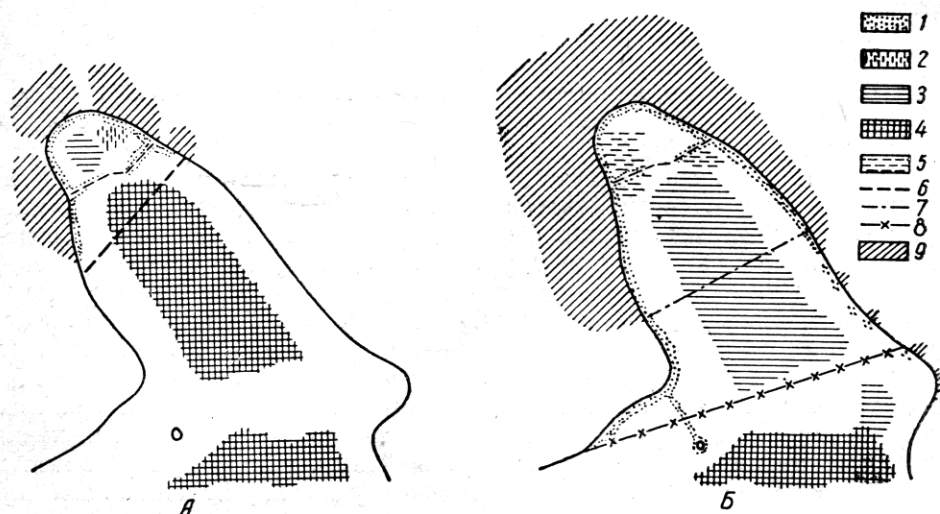
Показателями сильно загрязненных участков являются *Bangia fuscopurpurea* (Dillw.) Lyngb., *Enteromorpha intestinalis* (L.) f. *attenuata* Ahl n., *Callithamnion corymbosum* (Sm.) Lyngb., *Ceramium rubrum* (Huds) Ag. Если в период исследований Н. В. Морозовой-Водяницкой эти виды в основном произрастали в районе порта, то сейчас они встречаются и в средней части бухты. Так, *B. fuscopurpurea*, характерная для сильно загрязненных мест, в настоящее время покрывает поверхность массивов, расположенных в районе косы. Круглый год здесь также встречаются нежные розовые кустики *C. rubrum* и *C. corymbosum*. Эти же виды произрастают в средней части бухты у стоков канализационных вод.

Согласно данным Н. В. Морозовой-Водяницкой, внешняя граница второго флористического района (средняя часть бухты) ранее проходила по линии завода «Октябрь» на восточном берегу и рыбзавода — на западном (см. рисунок, А). В 1960—1961 гг. эта граница уже соответствовала линии Шесхарис — коса. В настоящее время она значительно сдвинута в сторону открытой части бухты (см. рисунок, Б), т. е. далеко выходит за черту города. Для второго флористического района характерны следующие виды водорослей: *Ulva lactuca* L., *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link f. *crispa* J. Ag., *E. intestinalis* (L.) Link, *Chaetomorpha chlorotica* (Mont.) Kuetz., *Gelidium latifolium* (Grev.) Borg., *G. crinale* (Turn.) J. Ag. Наиболее массового развития здесь достигают зеленые водоросли. Они занимают всю прибрежную зону, густо покрывая скалы и ветви цистозиры. *U. lactuca*, свидетельствующая о средней степени загрязненности вод, расселилась у западного берега почти до конца бухты. У восточного берега полоса зеленых водорослей менее резко выражена и распространяется до середины бухты.

Третий флористический район смещен к самому выходу из бухты. Для него характерно почти полное отсутствие зеленых водорослей, развитие *Ceramium ciliatum* (Ellis) Ducl. и *Padina pavonia* (L.) Gail. Единично они встречаются в зоне второго района — у восточного берега и у о-ва Рыбачьего, однако находятся в угнетенном состоянии, и по мере увеличения загрязненности воды их ареал сокращается.

Со времени исследований Н. В. Морозовой-Водяницкой произошли некоторые изменения и в распределении зарослей zostеры и цистозиры. Так, в восточной части порта, в небольшой бухточке, ранее располага-

лись густые и чистые заросли *Zostera nana* Roth., а в настоящее время zostера растет на глубине 0,5—3,0 м, причем листья ее очень мелкие и грязные, так как на них оседают взвешенные частицы, пропитанные нефтью. Зостеровое поле не только сократилось по площади, но стало очень изреженным и находится в стадии исчезновения (см. рисунок). У внешней стороны западного и восточного молов за счет большой за-



Распределение некоторых представителей бентоса Новороссийской бухты:
А — в 1930, Б — в 1960—1964 гг.

1—зеленые водоросли, 2—*Zostera nana*, 3—*Meretrix rudis* + *Tapes rugatus*, 4—*Mytilus galloprovincialis* + *Modiola adriatica*, 5—*Nassa reticulata* + *Cardium exiguum*, 6—граница второго флористического района в 1930 г., 7—то же в 1960—1961 гг., 8—то же в 1964 г., 9—город.

грязненности этих участков наблюдается сокращение нижней границы зарослей *Cystoseira barbata* (Good et Wood.) Ag.

Таким образом, сравнительные данные свидетельствуют о том, что за 30 с лишним лет в распределении растительности на отдельных участках Новороссийской бухты произошли значительные изменения, выразившиеся в смещении границ флористических районов и сокращении зарослей некоторых видов. Главная причина этих изменений, по нашему мнению, состоит в прогрессирующем процессе загрязнения бухты, что подтверждается гидрохимическими исследованиями.

В распределении зообентоса Новороссийской бухты так же, как и в распределении водорослей, за последние 30 лет произошли изменения, говорящие об увеличении загрязнения бухты. Из материалов Новороссийской биологической станции известно, что 30 лет назад доминирующими видами моллюсков в вершине бухты были *Meretrix (Pitaria) rudis* K g u n i c k i и *Tapes (Venerupis) rugatus* Bucg., Dautz et Doll. В настоящее время эти виды преобладают в средней части бухты, а в порту встречаются их единичные экземпляры. Доминирующим видом в районе порта и в наиболее загрязненных участках вне порта стал моллюск *Nassa reticulata* Mil.— один из наиболее стойких к загрязнению видов зообентоса. Биоценоз мидиевого ила, встречающийся сейчас лишь у выхода из бухты, был распространен раньше и в ее средней части. Таким образом, наблюдается смещение биоценозов в сторону выхода из бухты, аналогично описанному выше смещению гидрохимических и флористических районов.

В количественном составе зообентоса за последние пять лет нами также отмечены некоторые изменения. В 1958, а затем в 1963 г. проводился ежемесячный сбор материала на одном разрезе в средней части бухты. За этот период численность одних видов возросла, других — уменьшилась, а некоторых — осталась без изменений. Увеличилось количество моллюсков — *Gouldia minima* Montagu, *Meretrix rudis*, *Nassa reticulata*, *Cardium paucicostatum* Sowerbi, *Rapana thomasiana* Gosse, рака-отшельника — *Diogenes pugilator* (varians) Costa, и полихет, среди которых появилась в большом количестве *Capitella capitata* Fabricius, не отмеченная в 1958 г. Все перечисленные виды стойки по отношению к загрязнению, так как встречаются в очень загрязненном районе порта.

С другой стороны, результатом увеличения загрязнения явилось уменьшение численности некоторых видов зообентоса, как, например, *Spisula (Macra) subtruncata* Costa, встречающихся обычно в относительно чистых районах и не отмеченных в районе порта. Что касается уменьшения численности крупных моллюсков — *Mytilus galloprovincialis* Lam., *Pecten ponticus* Bucq., Dout et Doll., *Tapes rugatus*, и окончательного исчезновения устриц — *Ostrea taurica* Krynicki, то здесь, наряду с фактором загрязнения, действовало еще и выедание их хищным моллюском-рапаной, численность которого на нашем разрезе увеличилась. Рапана, очевидно, весьма хорошо переносит загрязнение органическими веществами и нефтепродуктами, так как встречается в большом количестве в сильно загрязненном участке у канализационного стока (вершина бухты).

Влияние загрязнения сточными водами и нефтепродуктами проверялось на зоопланктонных организмах, а нефтяного загрязнения — только на зообентосных.

Для опытов по выяснению влияния загрязнения канализационными сточными водами взяты взрослые формы веслоногих рачков — *Acartia clausi* Giesbr., *Centropages kröyeri* Giesbr., *Calanus helgolandicus* Güpp., а также личинки десятиногих раков и брюхоногих моллюсков. Серия опытов с калянусом была проведена в декабре 1962 г., с остальными видами — в июле 1963 г. По 15 экз. каждого вида отсаживали в чашку Петри, которую заполняли водой, взятой в 1, 5, 10 и 25 м от места стока. Контролем служила вода, взятая в 200 м от стока. В опытных сосудах и в контроле воду сменяли ежедневно. Наблюдения за состоянием организмов вели под биноклем.

Опыты с *Acartia clausi*, *Centropages kröyeri* и личинками Decapoda показали, что самой чувствительной из них является *A. clausi*. В сосуде с водой, взятой в 25 м от стока, т. е. с минимальной в данном опыте дозой загрязнения, из 15 организмов в течение 5 час погибло более половины. Остальные погибли на следующий день. В контрольном сосуде все экземпляры *A. clausi* сохраняли жизнеспособность и были активны до конца опыта, т. е. в течение восьми суток.

Личинки десятиногих раков и брюхоногих моллюсков значительно лучше переносят загрязнение сточными водами. В сосудах с водой, взятой в 10 и 25 м от стока, они погибали лишь на четвертые сутки, а отдельные экземпляры выжили до конца опыта.

Наблюдения над калянусом показали, что он погибает на пятые сутки в воде, наиболее загрязненной — взятой в 1 м от стока, и все экземпляры выживают до конца опыта (10 суток) в воде, взятой в 5, 10 и 25 м от стока. Большая выживаемость калянуса, по-видимому, связана с тем, что опыты ставили зимой, а при более низкой температуре жизнен-

ные процессы протекают с меньшей скоростью и организмы могут переносить большую степень загрязнения.

Для выяснения влияния нефтепродуктов на морские зоопланктонные организмы определяли сроки их выживания в вытяжках ромашкинской обессоленной нефти, которая характеризуется повышенным содержанием сернистых соединений и флотского мазута, отличающегося наличием тяжелых углеводов.

Для опыта использованы взрослые веслоногие рачки *Anomalocera patersonii* Templ., обитающие в большом количестве в гипонейстоне, и личинки десятиногих раков (*Diogenes pugilator* и креветки). По 10 экз. их помещали в химические стаканы емкостью 0,5 л, наполненные нефтяной вытяжкой (в концентрации 1, 2, 5, 10, 12, 15, 17, 20 и 30 мл/л). Вытяжку получали по методу Е. А. Веселова (1959). При помощи электромешалки приготавливали эмульсию нефти в воде, которую после получасового отстаивания фильтровали. Вытяжку и воду в контроле сменяли ежедневно. Следили за кислородным и температурным режимом.

Взрослые особи *Anomalocera patersonii* в вытяжке ромашкинской обессоленной нефти в концентрации 5, 10 и 15 мл/л гибли в течение первых-вторых суток, при концентрации 2 мл/л — на вторые-третьи сутки. Личинки Decapoda в концентрациях от 12 до 30 мл/л гибли в течение первых суток, а в более низких жили дольше, чем *Anomalocera patersonii*. Так, при концентрации 5 и 10 мл/л они погибали на вторые-третьи, а в 1 мл/л — на вторые—шестые сутки.

Выживаемость личинок Decapoda в вытяжке из флотского мазута оказалась ниже, чем в ромашкинской обессоленной нефти: даже в концентрациях 1—2 мл/л все экземпляры жили не более двух суток.

Внешне действие нефтепродуктов выражалось в том, что рачки лежали на дне стакана, время от времени делая судорожные движения, и не могли подняться вверх. Отсаженные в чистую воду отравленные личинки Decapoda уже через несколько часов нормально плавали в толще воды. *A. patersonii* и после этого все-таки погибали.

Из бентосных организмов для опытов по выживаемости в вытяжке из нефти были взяты: моллюск — *Corbulomia (Aloides) maeotica* Mil., ценный вид корма для рыб, встречающийся в чистой Кабардинской бухточке; креветки — *Leander adspersus* Rathke, имеющие промысловое значение и редко встречающиеся в сильно загрязненных участках; *Sphaeroma serratum* Fabr., встречающаяся в наиболее загрязненных участках. Кроме того, наблюдения были проведены отдельно над *Diogenes pugilator* (Decapoda) и *Idotea ballica* Pallas (Isopoda), которые также встречаются в сильно загрязненных участках.

Наиболее чувствительными к загрязнению нефтепродуктами оказались креветки. Уже при концентрации 1 и 2 мл/л все подопытные животные (10 экз.) погибали к концу вторых суток. При концентрации 0,5 мл/л один экземпляр из пяти оставался в живых до конца опыта (10 суток), а четыре — погибали на первые—третьи сутки. При концентрации 40—60 мл/л креветки жили не более семи часов, а отдельные экземпляры погибали уже в первый час.

Собственно бентосные организмы оказались гораздо более выносливыми по отношению к загрязнению, чем нектобентосные креветки. Даже корбулемия, обитающая в чистой воде, погибала лишь в концентрации 10 мл/л, причем первый экземпляр погиб лишь через трое суток, а последний (10-й) оставался в живых до конца опыта, т. е. в течение 18 суток. В концентрациях 1, 2 и 5 мл/л погибло лишь по 1 экз. на 13—

14-е сутки, остальные сохраняли жизнеспособность и двигались до конца опыта. В концентрациях от 20 до 200 мл/л все корбулемии жили от 5 до 9 суток. При этих концентрациях нефти все моллюски начиная с первых суток были неподвижны, их створки постепенно раскрывались, а сифоны сильно вытягивались.

Сферомы при концентрации нефти 10 мл/л нормально двигались и принимали пищу в течение шести суток, а лишь на 7—10-е сутки из 20 экз. погибло три, а оставшиеся в живых стали более вялыми. При концентрации 50 и 100 мл/л сферомы начали гибнуть уже на первые сутки; при 100 мл/л все 20 экз. погибли к концу восьмых суток, а при 50 мл/л 1 экз. дожил до конца опыта (10 суток).

Опыт с *Diogenes pugilator* длился всего лишь четверо суток, в течение которых при концентрации 10 мл/л все особи нормально двигались и принимали пищу, при 20 и 30 мл/л — уже в первые сутки они неподвижно лежали и не принимали пищи, а на третьи сутки 1 экз. погиб.

Таким образом, при длительном загрязнении воды нефтью концентрация 10 мл/л губельна даже для наиболее выносливых организмов бентоса. Креветки же могут погибнуть даже при концентрации 0,5 мл/л.

Для изучения потребления организмами кислорода в условиях нефтяного загрязнения были поставлены респирационные опыты в вытяжках из нефти с креветками (пять опытов), сферомы (три опыта) и идотеями (два опыта). Контрольный опыт в чистой воде ставили с теми же особями накануне опыта. Разница между потреблением кислорода в чистой воде и в вытяжке из нефти оказалась незначительной: она исчислялась сотыми долями миллиграммов кислорода на 1 г живого вещества в 1 час и определялась, по-видимому, не столько влиянием загрязнения, сколько различной интенсивностью движения животных в чистой и в загрязненной воде.

ВЫВОДЫ

1. Отрицательное влияние нефтепродуктов и неочищенных канализационных вод, попадающих в Новороссийскую бухту, проявляется:

а) в сокращении зарослей подводной растительности, что может отрицательно сказаться на жизни молоди и личинок рыб, т. к. заросли водорослей являются местом нагула молоди рыб и служат укрытием от хищников;

б) в перераспределении бентосных организмов по дну бухты и в губительном действии загрязнения на некоторые виды зоопланктона и зообентоса, имеющие промысловую ценность и кормовое значение для рыб.

2. Нефтепродукты и канализационные воды, загрязняющие бухту, могут явиться одной из основных причин изменения биоценозов и нарушения естественных условий воспроизводства рыбных запасов Новороссийской бухты.

3. Для охраны вод от загрязнения должна проводиться обязательная очистка промышленных и канализационных сточных вод, а также вод с примесью нефтепродуктов.

ЛИТЕРАТУРА

- Веселов Е. А. 1959. Биологические тесты при санитарно-биологическом изучении водоемов. «Жизнь пресных вод СССР», 4, 2, М.—Л.
Морозова-Водяницкая Н. В. 1927. Наблюдения над экологией водорослей Новороссийской бухты. Тр. Кубано-Черноморск. н.-и. ин.-та, 52.

- Ее же. 1930. Материалы к санитарно-биологическому анализу морских вод. Раб. Новоросс. биостанции. 4.
Потеряев Е. А. 1936. Санитарно-биологические исследования на Черном море. Раб. Новоросс. биостанции, 11, 1.
Его же. 1963а. Инструкция к проведению санитарных исследований при выборе мест для выпуска в море канализационных сточных вод. Там же.

Поступила 25.IV 1965 г.

EFFECT OF POLLUTION ON MARINE ORGANISMS OF NOVOROSIYSK BAY OF THE BLACK SEA

A. A. KALUGINA, N. Y. MILOVIDOVA, T. V. SVIRIDOVA,
I. V. URALSKAYA

(Novorossiysk Biological Station)

Summary

Hydrochemical investigations showed that the process of pollution of Novorossiysk Bay of the Black Sea, in progress during the past five years, has affected distribution of vegetation in various areas of the bay, taking the form of a shift in the boundaries of the floristic districts and a reduction of the growths of some species of algae and grasses. A tendency of the biocoenoses toward the exit from the bay is noted.

Some changes have also been observed in the quantitative composition of the zoobenthos during the past five years: increase in numbers of species readily tolerating pollution of water and a decrease in numbers of species which do not easily tolerate pollution.

Thus, petroleum products and sewage, which are polluting the bay, may prove to be one of the major causes of a change in biocoenoses and disturbance of the natural reproduction of the fish resources of Novorossiysk Bay. To protect the waters against pollution, it is essential to purify industrial wastes and sewage, as well as waters with petroleum product impurities.