

В связи со сказанным представляется целесообразным расширение сети ООПТ разного типа и категорий. При их формировании необходим научно обоснованный подход: анализ сохранившихся участков дикой природы с учетом разных ландшафтных компонентов и их размещения, степени сохранности экосистем и генетического разнообразия, пространственной структуры ареалов некоторых местных видов животных и пр.

При определении размеров ООПТ основным критерием расчета должны служить минимальные жизнеспособные популяции (МЖП) видов и связанная с этим минимальная необходимая территория (МНТ). В настоящее время вполне очевидно, что существующих резерватов в виде ООПТ в регионе очень мало и вопрос нуждается в скорейшем решении. Пока нет моделей, претендующих на точное отражение действительности МЖП и МНТ, учитывающих типы жизненных циклов, характер перемещения, место в трофической пирамиде, удельную скорость численности в связи с рождаемостью и смертностью, вероятность вымирания и др.

Разумеется, безгранично выделять территории под резерваты невозможно, поэтому в настоящее время следует сделать акцент на охране «краснокнижных» видов, поддержании метапопуляционных структур и улучшении качества охраны природы.

И, наконец, несколько слов о Красной книге. В свое время появление Красной книги РСФСР было важным событием в деле охраны фауны, но она морально устарела и сейчас перерабатывается. Думается, что наряду с Федеральной, необходима подготовка и Красных книг субъектов Федерации (например, сейчас уже имеются Ростовская, Краснодарская, Карачаево-Черкесская, Дагестанская), но, возможно, единой Красной книги для всего региона (по нашим расчетам в Предкавказье обитает не менее 200-250!! «краснокнижных» позвоночных животных), учитывая особенности генезиса территории и фауны Предкавказья.

Влияние нефтепродуктов и ПАВ на некоторые стороны обмена и выживаемости черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis*

Р.С. Дбар

Гидрофизический институт Республики Абхазия,

г. Сухум

Последние десятилетия уровень загрязнения неочищенными промышленными отходами вод Черного моря носит угрожающий характер, что проявляется в существенном сокращении биоразнообра-

зия моря и уменьшении биологической продуктивности и самоочищения.

Действие таких техногенных загрязнителей, как синтетические ПАВ, растворенные и эмульгированные нефтепродукты, приобретает глобальный характер и в настоящее время определяет крупномасштабное загрязнение всего Мирового океана. Влияние загрязнения в первую очередь сказывается на обитателях прибрежной зоны, самыми распространенными из которых являются мидии - активные биофильтраторы моря и в то же время промысловые моллюски. Годовая добыча их в мире составляет 320 тыс. тонн. Такое широкое использование их мировым промыслом объясняется высокой питательностью их мяса.

Воздействия наиболее распространенных загрязнителей на биологию обращает на себя внимание и с точки зрения очистки сточных вод от нефти, так как мидий считаются одними из самых устойчивых бентосных животных к изменению окружающей среды под действием агентов загрязнения.

В целях сохранения и увеличения популяций этого ценного промыслового моллюска и использования его в системе комплексной очистки сточных вод ведутся широкие исследования в области биологии и экологии мидий, которые также включают в себя определение предельно допустимых концентраций (ЦДК) наиболее распространенных загрязнителей.

Цель настоящей работы заключалась в установлении влияния некоторых органических токсикантов (нефть, детергент ОМ-6) на выживаемость, фильтрационную и дыхательную активность черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* ареал, которой охватывает акватории Черного и Средиземного морей, а также атлантическое и основную часть североамериканского побережья Европы.

M. galloprovincialis - обитатель литорали и сублиторали, причем в Черном море некоторые популяции заселяют глубины до 60 м (Никитин, 1960), что не характерно для остальной части ареала этой мидии. По мнению Y. Ross (1974) нижняя граница распространения регулируется морскими звездами и хищными моллюсками. Следовательно, вертикальное распространение и глубина поселения в различных частях ареала мидий определяется степенью жесткости биотических факторов, влияющих на этих моллюсков. Верхняя граница распространения обычно лежит на 0,6 м ниже наивысшего уровня прилива и определяется необходимостью осаднения молоди, но взрослые особи могут существовать на 0,3 м выше их нормальной границы. Распространение мидий вверх в супралитораль ограничивается абиотическими факторами - действием прибоя, осушением и др. (Ross, 1974). Наблюдение в лабораторных и в естественных условиях за деятельностью сердца у обсыхающих мидий показали, что после 3-х часовой экспози-

ции на воздухе частота сердцебиений моллюска снижается на 50%. Более продолжительное осушение приводит к почти полному подавлению работы сердца (Helm, Truerean, 1970). Очевидно, это - эволюционная адаптация животных к частому осушению, так как мидии - обитатели приливно-отливной зоны. Таким образом, вертикальное распространение *M. galloprovincialis* обусловлено взаимодействием многих экологических факторов.

Исследования Н.Д. Садыховой (1970) возрастной структуры популяций *M. galloprovincialis* показали, что на нижней границе возраст особей не превышает трех лет, тогда как в верхней встречаются особи в возрасте 17-20 лет - смертность здесь самая низкая. Смертность мидий на нижних горизонтах имеет сезонную динамику: весной и летом она повышалась из-за обилия хищников, а зимой и осенью падает, т.к. хищники опускаются вглубь, уходя от зимних штормов и пониженных температур.

Для популяции мидий характерно агрегированное состояние, - когда животные располагаются на больших пространствах в несколько слоев. Такая структура пространственного распределения связана, очевидно, с тем, что в плотных группировках обеспечивается высокая вероятность встречи половых продуктов. Прямым следствием агрегированного характера популяций является крайне редко встречающееся у *M. galloprovincialis* явление гермафродитизма, в то время как у мидий *Crenomytilus grauanus* живущих небольшими скоплениями, гермафродиты составляют 5% общего числа особей (Садыхова, 1970).

Поселения мидий чаще встречаются на твердом субстрате, что, очевидно, связано с лучшими возможностями для прикрепления и с фильтрационным способом питания моллюсков, т.к. высокие концентрации взвешенных частиц могут привести к полной или частичной ингибции фильтрующего аппарата (Иванов, 1971; Colinson, Rees, 1971).

Профильтровывая в час до 3-х литров воды, мидии проявляют пищевую избирательность. Например, особи *M. edulis* длиной 45-55 мм полностью задерживают частицы размером 7,2-8,2 мк, и 80% частиц размером больше 2 мк, в то время, как частицы меньше 2 мк практически не улавливаются (Ola, 1972). Сортировка частиц у мидий производится ресничным эпителием жабр и ротовых лопастей. Не усвоенные частицы выбрасываются в виде псевдофекалий. Удаление частиц детрита из мантийной полости и выброс псевдофекалий происходит по внутренней стенке входного сифона и направлены против тока воды (Kaussting, 1970). Фильтрация является непрерывным процессом, но ее интенсивность регулируется животными. По данным P.Lubet (1969) кишечные ганглии усиливают фильтрацию, мозговые задерживают ее. Помимо этого, нервная система контролирует многочисленные факторы, воздействующие на процесс фильтрации - избирательную способность, координацию ресничного тракта, раскрытие створок, сифонов и

т.д. Интенсивность фильтрации зависит от возраста, животных: мелкие мидии фильтруют более интенсивно по сравнению с крупными.

Скорость роста мидий сильно варьирует в зависимости от условий обитания и времени года. На литорали она значительно ниже, чем в сублиторали. Наиболее интенсивный рост наблюдается с апреля по сентябрь, причем основная масса вещества раковина нового слоя образуется в апреле-мае (Садыхова, 1970). На линейный рост мидий влияют многие факторы абиотической среды. Так, линейный рост и потребление ионов кальция мидией при постоянной солености $32 \pm 1\%$ происходят в пределах температуры $5-23,5^\circ\text{C}$. Чем выше температура, тем интенсивнее идет кальцификация. Ниже 5°C мидии продолжают фильтровать, но кальцификация практически прекращается (Malone, Dodd, 1969). На рост моллюсков оказывает большое влияние соленость. Отмечено, что в определенных районах раковины мидий мельче, по сравнению с раковинами мидий из районов с нормальной соленостью. Оптимальная соленость для жизнедеятельности мидий *M. galloprovincialis* составляет $30-35\%$, (Lubet, 1969). Рост мидий в различных географических областях сильно варьирует. Так, в бухте Виго (Италия) мидии достигают размеров $60-70$ мм за $12-15$ месяцев, а в Голландии этих же размеров мидии достигают за 24 месяца (Andrew, 1970).

Половая зрелость у *M. galloprovincialis* наступает на первом году жизни (Иванов, 1971). В течение года наблюдается $5-6$ выметов икры, наиболее интенсивные весной и осенью. Личинки держатся в планктоне в течение $3-4$ недель. Наибольшее количество молоди *M. galloprovincialis* оседает в верхнем 3 -метровом слое воды (Попов, 1974).

На рост и развитие, а следовательно, и на продукцию мидий, оказывают влияние не только экологические (биотические и абиотические), но также и антропогенные факторы, связанные с поступлением в среду обитания моллюсков техногенных веществ, оказывающих токсичное воздействие. К наиболее распространенным загрязнителям, имеющим ярко выраженный токсический характер, в настоящее время относят синтетические ПАВ, нефть и ее производные (Патин, 1977), попадающие в море вместе с неочищенными и бытовыми стоками (Громов, 1973), а также в связи с крушением крупных нефтеналивных судов, утечкой нефти из подводных скважин (Миронов, 1973), и по причине использования специальных детергентов для борьбы с разливами нефти в море (Патин, 1977).

Воздействию загрязняющих веществ в первую очередь подвергаются прибрежные популяции животных и обитателей пресноводных участков, так как здесь наблюдаются высокие концентрации токсиантов вследствие низкого уровня водообмена с открытыми и менее загрязненными районами моря (Bellan Gerard, 1972). Мидии, являясь

обитателями литорали и сублиторали, естественно, очень сильно подвержены действию загрязнителей. В то же время, по мнению многих авторов (Миронов, 1973; Миловидова, 1974; Алякринская, 1973; Дивавин, 1973), моллюски *M. galloprovincialis* – одни из наиболее устойчивых к загрязнителям представителей бентосной фауны. Популяции мидий встречаются в районах с сильным органическим загрязнением: по шкале показательных сопробных организмов для северо-восточной части моря (Потеряев, 1936) *M. galloprovincialis* относится к обитателям, главным образом, мезасапробных вод, но может встречаться и в полисапробных и олигосапробных водах. Моллюски малых размеров образуют поселения на грунтах, сформированных из бытовых сбросов, где вследствие активных окислительных процессов наблюдается дефицит кислорода - это дает основания считать мидий полисапробами (Алякринская, 1967).

Не смотря на устойчивость мидий, промышленные и бытовые стоки оказывают все же существенное влияние на размерный состав и структуру поселений *M. galloprovincialis*. Исследования И.О. Алякринской (1967) в Новороссийской бухте показали, что мидии живущие в более чистых районах имеют большие размеры, нежели мидии из загрязненных участков. Чем дальше от стока загрязнителей расположены их поселения, тем меньше влияние загрязнения, а следовательно, тем крупнее и многочисленней мидии.

Существенные коррективы в процессы жизнедеятельности *M. galloprovincialis* вносят нефть и детергенты, а также растворенные нефтепродукты. По мнению Н.Д. Мазманиди (1973а; 1997) нефтепродукты обладают токсическим действием разнообразного характера: резорбтивного, наркотического, локального и экзиматического. В связи с этим большое значение приобретают работы по определению концентраций токсикантов, вызывающих отклонения в физиологических параметрах и способных привести моллюсков к летальному исходу.

Наблюдениям И.О. Алякринской (1966), при воздействии нефтяной эмульсии концентрацией 1-10 мл/л мидии не испытывают угнетения и фильтруют воду наравне с контрольными. Видимая реакция наступает при 20 мл/л: мидии открывают створки спустя 10-12 часов, причем степень раскрытия створок меньше, чем у контрольных, реакция на раздражение замедленная. При более высоких концентрациях (50-100 мл/л) створки мидий открываются через 1-5 суток. У некоторых мидий при действии таких концентраций створки широко раскрываются через 1-2 дня, активная фильтрация и реакция на раздражение отсутствуют, однако вскрытие моллюсков свидетельствуют о том, что они живы.

По всей видимости здесь мы сталкиваемся с сильным наркотическим эффектом, производимым нефтепродуктами. Н.Д. Мазманиди (1973 б) приводит данные о содержании гликогена в различных ор-

ганах *M. galloprovincialis* (гепатопаكريас, гонады, мускул-замыкатель, жабры) при хроническом воздействии растворенных нефтепродуктов разных концентраций, которые свидетельствуют о том, что на 28 сутки воздействия растворенных нефтепродуктов содержание гликогена в тканях органов сильно сократилось. Очевидно, гликоген, являясь легко утилизируемым и высокоэнергетическим продуктом обмена используется моллюском для компенсации энергии и нейтрализации токсиканта в клетках.

Высокие концентрации токсикантов оказывают не только глубокие физиологические изменения, но и летальный эффект. Н.Ю. Миловиной (1974) исследовалась выживаемость мидий длиной 15-25 мм и 7-14 мм в различных концентрациях эмульгированной нефти (0,01; 0,1; 1,0 и 10,0 мл/л). Оказалось, что концентрации порядка 0,01-0,1 мл/л не сказывают заметного влияния на мидий. При концентрациях 1,0 мл/л моллюски не прикреплялись, не выделяли псевдофекалий и на 36 сутки наблюдалась гибель 50% особей в первой размерной группе (15-25 мм). Мидии первой размерной группы, находившиеся в концентрации 10 мл/л погибли (на 100%) на 21 сутки, во второй размерной группе (7-14 мм) гибель не наблюдалась до конца опыта. Эти данные позволяют сделать вывод о не однозначности влияния токсических веществ на мидий, находящихся на различных стадиях развития.

Le Roux (1977), изучая действие сублетальных концентраций чистых углеводородов, выделенных из нефти (декалин, изопропилбензол, эндекан, циклогексан) на личинок мидий, обнаружил некоторое стимулирование роста особенно при высоких концентрациях, исключение составил декалин.

К наиболее уязвимым и быстро реагирующим на загрязнение компонентам морских сообществ являются личинки бентосных животных (Патин, 1977), особенно, тогда, когда речь идет о влиянии наиболее токсичных веществ таких, как детергенты. При изучении влияния детергентов двух типов (типа ABS и типа LAS) на личинок устриц было установлено, что оба детергента высоко токсичны. Летальная концентрация /через 6 часов/ детергента типа ABS была 2 мг/л, а типа LAS - 1 мг/л. Уже при концентрациях 0,05 мг/л серьезно страдал рост личинок (Renzoni Aristeo, 1975).

По мнению Porkins E. (1970), детергенты обладают специфическим воздействием на моллюсков и обычный в токсикологии критерий максимально переносимых концентраций, установленный за ограниченный интервал времени, здесь не приложим, так как гибель животных может наступать через 4-5 недель после воздействия детергентов. Опыты по воздействию детергентов на животных показали, что в большинстве случаев наблюдаются повреждение слизистых оболочек и симптомы асфиксии, несмотря на то, что кислорода для дыхания достаточно (Монсаев, 1976). По всей видимости, детергенты, являясь

поверхностно активными веществами отрицательно влияют на осмотическую регуляцию, а, следовательно, и на поглощение кислорода.

При воздействии загрязняющих веществ на мидий наблюдаются биосорбционные процессы, т.е. поглощение отдельных фракций и компонентов загрязнения животными. Так, анализируя содержание углеводов в теле моллюска *M. galloprovincialis* V. Fossato и E. Siviero (1974) установили, что их количество колеблется от 0,8 до 8,7 мг на 100 г сырого веса, были даже зарегистрированы такие высокие величины, как 22,0 мг на 100 г. Мидии способны не только поглощать нефтепродукты, но и выделять их, при этом особая роль отводится жабрам (Rechard, 1973). С одной стороны, эти свойства мидий дают возможность использовать их в качестве индикаторов загрязнения, а с другой стороны, ставят вопрос о включении мидий в систему очистки морской воды от загрязнения, учитывая их высокую устойчивость к нему. По данным Н.А. Дивавина (1973), концентрации нефти, не превышающие 10 мг/л, не приводят к изменениям в структуре ДНК и содержания нуклеиновых кислот в клетках тела *M. galloprovincialis*. Н.Ю. Миловидовой (1974) были проделаны опыты с мидиями в сточных водах нефтебазы, содержащих 3-4 мг/л растворенных нефтепродуктов у поверхности и 2-3 мг/л у дна. Средний прирост моллюсков за первый месяц составил 1,7 мм и 2,2 мм за второй. За время опыта погибло две особи мидий, что составило 1,3% их общего числа. Все мидии были прикреплены, то есть хорошо выделяли бисусовые нити.

Таким образом, исследования в области влияния нефти и детергентов на биологию и экологию *M. galloprovincialis* позволяет решать важные практические задачи, включающие определение предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязнителей, очистку сточных вод от нефти, а следовательно, охрану существующих популяций и культивирование этого моллюска с целью получения высокопитательного мяса.

Работа по изучению влияния нефти и ПАВ на выживаемость и некоторые стороны обмена у *M. galloprovincialis* проводилась в 1978-1979 гг. в лаборатории водной токсикологии ВНИРО (г. Батуми), а в 1999 году продолжены в лаборатории Экологии моря и морских ресурсов Гидрофизического института АН Республики Абхазия в г. Сухум.

Сбор мидий для постановки опытов производился со свай пирса, в чистой зоне моря с помощью скребка с применением легкой водолазной техники. Собранные моллюски сортировались и помещались в 50-ти литровый резервуар с проточной морской водой на 1,5-2 суток. По истечении этого времени мидии сортировались вторично - отбраковывались травмированные и не прикрепившиеся особи.

В опытах по выживаемости использовались моллюски четырех размерных групп: 8-12; 25-30; 45-50 и 75-80 мм. Мидии помещались в 10-ти литровые аэрируемые аквариумы в количестве 40 экземпляров

(по 10 особей из каждой размерной группы). Самые мелкие моллюски длиной 8-12 мм помещались в аквариумы в мешочках из крупного газа, для удобства наблюдения.

В опытные аквариумы предварительно, за сутки вводились токсиканты: сырая Анастасьевская нефть в концентрациях 10; 25 и 50 мл/л, которые соответствуют следующим величинам растворенных нефтепродуктов: 15; 20 и 30 мг/л (Зобова, 1973); детергент ОМ-6 в концентрациях 42,5; 85,0; 425,0 и 2100 мг/л, а также смесь детергента ОМ-6 с нефтью в отношениях 1:10, 1:20 и 1:50. При введении токсикантов содержимое аквариума интенсивно перемешивалось стеклянной палочкой.

Через каждые 3 часа после помещения в аквариумы с токсикантами проводился отбор погибших моллюсков, гибель регистрировалась по стойкому раскрытию створок раковины. Контрольные мидии находились в аквариумах с чистой морской водой. Все опыты проводились при температуре воды 22-24°C.

Для изучения влияния нефти и детергента ОМ-6 на самые ранние фазы постэмбрионального развития мидий в опытах использовались их личинки на стадии великонха. Последние вылавливались планктонной сеткой Апштейна и под микроскопом МБС-1 при увеличении 8x4 отбирались стеклянной пипеткой с оттянутой вершиной. Отобранные личинки по 5 экземпляров помещались в часовые стекла, содержащие токсические вещества - детергент ОМ-6 в концентрации 425 мг/л, растворенные нефтепродукты в концентрации 10 мг/л и смесь детергента ОМ-6 с нефтью в отношении 1:10.

Часовые стекла с личинками помещались в стеклянный ящик на смоченную водой ткань для уменьшения испарения из часовых стекол. Через каждые два часа регистрировалось состояние личинок, отмечались активные - парящие в толще воды, пассивные - лежащие на дне с втянутым парусом, и мертвые с прекратившимися биение ресничками паруса.

Опыты по фильтрационной и дыхательной активности мидий в процессе одноразовой затравки детергентом ОМ-6 проводились на особях размером 25-30 мм. В аэрируемые аквариумы с предварительно введенным детергентом ОМ-6 в различных концентрациях (25,0; 42,5; 62,5; 85,0; 425,0 и 2100 мг/л) помещались моллюски в количестве 30 экземпляров. Через 4,24,28,48 и 52 часа. В них измерялась скорость фильтрации, для чего по 5 моллюсков из каждого аквариума помещались в сосуды объемом 1 л, куда одновременно вводилась взвесь дрожжевых клеток (500 мг/л). Вода в сосудах интенсивно перемешивалась пузырьками воздуха, чтобы сократить небиологическое осаждение дрожжей. По истечении первого часа из сосудов брались пробы для определения концентрации взвешенных частиц на приборе

ФЕК – нефелометр. Скорость фильтрации рассчитывалась по формуле (Willemsen, 1952):

$$V = n/t(\ln C_0 - \ln C_1),$$

где V объем отфильтрованной воды;

n - объем сосуда;

t - время фильтрации;

$C_0 - C_1$ - начальная и конечная концентрации.

Для изучения влияния детергента ОМ-6 на дыхательную активность мидий в респираторные сосуды объемом 1 л с чистой и отфильтрованной морской водой помещалось по 5 моллюсков, затравленных вышеуказанными концентрациями детергента в течение 4-х часов. По истечении трех часов из респираторных сосудов брались пробы для анализа кислорода. Концентрация кислорода в воде определялась по методу Винклера.

В процессе исследований контрольные мидии находились в чистой морской воде. На протяжении всех опытов в экспериментальной лаборатории соблюдалась полная тишина.

Полученный материал дает возможность изучить степень влияния нефти и детергента ОМ-6 на выживаемость и некоторые стороны обмена, в частности, на фильтрацию и дыхание у черноморской мидии *M. galloprovincialis*.

1. Выживаемость мидий в различных токсических средах.

Из всех токсикантов, взятых нами для опытов, наименее токсичной оказалась нефть (Анастасьевского месторождения): при концентрациях растворенных нефтепродуктов 15 и 20 мг/л смертности на протяжении 78 часов опыта не наблюдалось, только при концентрации 30 мг/л на 48 часу опыта погиб один моллюск (из десяти) первой размерной группы (8-12 мм), оставшиеся мидии жили до конца опыта. Столь низкая токсичность Анастасьевского месторождения отмечалась также многими авторами (Касымов, 1973; Миловидова, 1974; Миронов, 1973).

Наблюдения за моллюсками, находившимися под воздействием нефти, показали, что вышеуказанные концентрации все же способны оказывать заметное влияние на мидий. Так, у затравленных нефтью моллюсков образование биссусовых нитей, т.е. прикрепление, начиналось по истечении первых суток, в то время как у контрольных мидий оно происходило через 3-4 часа после помещения в аквариум. Кроме того, при всех трех концентрациях нефтепродуктов моллюски продолжали фильтрацию - створки раковин были раскрыты, при концентрациях 20 и 30 мг/л мидии не реагировали на легкое постукивание по стенкам аквариума, а на прикосновение к краю сифона стеклянной палочкой медленно закрывали створки раковин. Контрольные же ми-

дии на прикосновение всегда реагировали резким смыканием створок, подобное наблюдалось также при громких звуках.

По всей видимости, здесь наблюдается наркотический эффект растворенных в воде нефтепродуктов, выражающийся в повышении порога чувствительности и уменьшении скорости реакции на раздражение.

Воздействие детергента ОМ-6 на мидий носило иной характер; так, при концентрациях 85,0; 425 и 650 мг/л наблюдалась 100% гибель моллюсков через 51 час, а при концентрации 2100 мг/л - через 48 часов. Менее токсичной оказалась концентрация 42,5 мг/л: к концу опыта погибло всего два моллюска - первый через 33 часа, а второй через 54 часа. При концентрации 42,5 мг/л регистрировалась активная фильтрационная работа мидий: через 25 часов вода в аквариуме из молочно-белой (цвет обусловленный наличием детергента ОМ-6) стала прозрачной. На дне аквариума располагались псевдоорекалии в виде белых тяжелой слизи. Таким образом, мидии способны осаждать не только взвешенные частицы, но и органические вещества, адсорбируя их слизистыми оболочками мантийной полости для последующего удаления в виде псевдофекалий.

Моллюски, находившиеся в концентрациях 85; 425; 850 и 2100 мг/л, перед гибелью широко раскрывали створки раковин и не реагировали на раздражение, помещенные же в чистую воду через 2-3 часа, обретали способность реагировать, но через сутки погибали. Очевидно, отсутствие реакции на раздражение, при воздействии высоких концентраций детергента ОМ-6, связано с глубоким изменением физиологических параметров, приводящем к гибели даже после снятия действия токсиканта.

Применение смесей детергента ОМ-6 с нефтью (в разных соотношениях) показало, что они также обладают токсическими свойствами. Наиболее токсичной оказалась смесь с соотношением 1:10 - одна объемная часть детергента к десяти объемным частям нефти (2,5 мл/л: 25 мл/л), - 100%-ная смертность моллюсков здесь наблюдалась через 57 часов с начала опыта. Наименее токсичной была смесь 1:50 (0,5 мл/л: 25 мл/л) в аквариумах с такой смесью гибель всех моллюсков наступила через 75 часов. Вероятно, что токсический эффект детергента ОМ-6 в присутствии нефти носит сглаженный характер. Так, при воздействии на моллюсков только детергентом ОМ-6 с концентрацией 425 мг/л (0,5 мл/л) гибель всех мидий наступала через 51 час, а в присутствии нефти в соотношении 1:50 (0,5 мл/л 25 мл/л) тот же эффект наблюдается по истечении 75 часов. Подобное влияние детергента ОМ-6 на мидий в присутствии нефти можно объяснить тем, что часть детергента затрачивается на эмульгирование нефти и тем самым уменьшается реальная концентрация токсиканта, действующего на моллюсков.

Опыты по выживаемости показали, что мидии разных размеров обладают различной стойкостью к воздействиям токсических веществ. Так, в аквариумах с концентрациями 85; 425; 850 и 2100 мг/л мидии самой малой размерной группы (8-12 мм) погибали все к концу первых суток. Моллюски второй размерной группы (25-30 мм) оказались более устойчивыми, но несколько менее жизнеспособными третьей группы (45-50 мм); если мидии второй размерной группы в концентрациях 85; 425 и 850 мг/л погибли через 30-33 часа, то у моллюсков размером 45-50 мм, 100%-ная смертность наблюдалась уже через 33-48 часов. Наиболее устойчивыми оказались самые крупные мидии длиной 75-60 мм, в отличие от трех других размерных групп, 100%-ная гибель их в концентрациях 85; 425 и 850 мг/л наступила на 51 часу, а при концентрации 2100 мг/л - на 48 часу опыта.

Таким образом, крупные мидии оказываются более стойкими к воздействию токсикантов, чем моллюски меньших размеров. По данным Н.Ю. Миловидовой (1974), более жизнеспособными являются мидии малых размеров, однако результаты автора были получены в длительных опытах при хронических отравлениях, тогда как наши данные отражают состояние животных, подвергнутых острому отравлению за короткий интервал времени.

По всей видимости, моллюски малых размеров, обладая высоким уровнем обмена по сравнению с крупными (старыми) особями, в случае хронического отравления, характеризующегося малыми концентрациями токсиканта, быстро нейтрализуют его, тогда как крупные особи вследствие низкого уровня обмена накапливают токсическое вещество, что и приводит их к гибели. При остром отравлении, когда концентрации детергента велики, высокая интенсивность обмена молодых особей приводит к быстрому поглощению и накоплению летальной дозы токсического вещества, а старые мидии с более замедленными процессами обмена накапливают летальные дозы за более длительный отрезок времени.

Опыты по влиянию токсических веществ на личинок *M. galloprovincialis* показали, что детергент ОМ-6 в концентрации 425 мг/л приводит к гибели 100% личинок на 36 часу опыта. Детергент ОМ-6 в присутствии нефти в отношении 1:10 оказался несколько токсичнее - все личинки погибли через 32 часа. В нефти (10 мг/л) в течение 36 часов опыта гибели личинок не наблюдалось, но сильно снижалась активность личинок: на 28 часу в активном состоянии находилась всего одна личинка, парившая в толще воды, остальные лежали на дне с закрытыми створками и втянутым парусом. Лишь интенсивное биение ресничек паруса свидетельствовала о том, что они живы (таблица 1).

Активность личинок в других средах была гораздо ниже: в детергенте ОМ-6 через 6 часов все животные находились в пассивном состоянии и лежали на дне; в смеси детергента и нефти активных вели-

конхов не наблюдалось уже через 4 часа. В то же время в контроле на протяжении всего опыта число активных личинок составляло от 9 до 12 экземпляров из 15. Личинки, парившие в воде, иногда ложились на дно, продолжая интенсивно работать парусом, и через 0,5-1 минуты поднимались вновь, двигаясь в воде по спиральной траектории.

Таблица 1

Влияние токсикантов на выживаемость и активность личинок мидий (в экз., А - активные, П - пассивные)

Время опыта, час Состояние активности	2	4	24	28	32	36
нефть, 10 мг/л						
А	4	2	1	1	0	0
П.	11	13	14	14	15	15
ОМ-6, 425 мг/л						
А	1	1	0	0	0	0
П.	14	7	6	4	2	0
ОМ-6+нефть, 1:10						
А	2	0	0	0	0	0
П.	12	11	10	6	0	0
контроль						
А	10	11	9	10	12	11
П.	5	4	6	5	3	4

2. Дыхание и фильтрация мидий при воздействии детергента ОМ-6

Одним из важнейших показателей физиологического состояния двухстворчатых моллюсков является фильтрация и дыхание. По изменению интенсивности дыхания и фильтрации можно судить, насколько существенно влияние того или иного фактора на физиологию моллюска.

В наших опытах под действием детергента ОМ-6 наблюдалось изменение скорости фильтрации. Так, после 4-часовой экспозиции в детергенте, минимальное количество воды (0,489 л/ч) отфильтровали моллюски, содержащиеся при концентрации 425 мг/л, тогда как максимальная скорость фильтрации (0,561 л/ч) наблюдалась у мидий при концентрации 25 мг/л. Следовательно, здесь имеет место обратная зависимость скорости фильтрации от концентрации детергента: чем выше концентрация токсиканта, тем меньше скорость фильтрации. Исключение составили моллюски, подвергшихся воздействию раствора детергента с максимальной концентрацией - 2100 мг/л. Скорость фильтрации этих мидий была близка к контрольной (0,605 л/ч) и составила 0,590 л/ч.

Последний случай можно объяснить тем, что высокие концентрации токсиканта сильно раздражают чувствительные края мантии и мидии плотно закрывают створки раковин.

Подобное поведение, очевидно, предохраняет моллюсков, в первые часы от поступления в мантийную полость большого количества детергента, но через несколько часов токсикант все же проникает внутрь по разным причинам (диффузия, засасывающее действие ресничного покрова, ослабление мускула - замыкателя и т.д.). Вследствие этого наступает частичная интоксикация, которая, вероятно, приводит к некоторой потере чувствительности и к раскрытию створок раковины, в связи с чем происходит проникновение в мантийную полость уже большого количества токсиканта.

Таким образом, можно сделать вывод, что мидии, помещенные в растворы с очень высокими концентрациями токсического вещества, испытывают прямое воздействие его лишь по прошествии нескольких часов.

После 24-часовой экспозиции в детергенте ОМ-6 скорость фильтрации у моллюсков при всех концентрациях снижается. Так, при концентрации 425 мг/л она уменьшилась до 0,402 л/ч, а при концентрации 42,5 мг/л - до 0,497 л/ч. Только при самом низком содержании детергента /25 мг/л/ скорость фильтрации увеличилась до 0,599 л/ч. Измерить скорость фильтрации у мидий при 24-часовой экспозиции в максимальной концентрации не удалось, т.к. моллюски погибли. Через 28 часов нахождения в детергенте с концентрациями 25 и 42,5 мг/л у мидий наблюдалось повышение скорости фильтрации. В аквариумах с концентрацией 62,5 мг/л скорость фильтрации моллюсков осталась прежней, а при концентрации 85 мг/л снизилась до минимального значения - 0,307 л/ч (таблица 2).

Таблица 2

*Скорость фильтрации моллюсков после экспозиции
в растворе детергента - ОМ-6 (л/час)*

Время наблюдения, час Концентрации, мг/л	4	24	28	48	52
25	0,561	0,599	0,689	0,721	0,736
42,5	0,554	0,497	0,674	0,702	0,728
62,5	0,541	0,489	0,490	0,635	0,654
85	0,522	0,420	0,307	-	-
425	0,489	0,402	-	-	-
2100	0,590	-	-	-	-
Контроль	0,605	0,608	0,607	0,605	0,607

Между 24 и 28 часами опыта в аквариумах с концентрациями 25 и 42,5 мг/л наблюдалось изменение прозрачности воды - вода стала из молочно-белой (цвет, обусловленный детергентом ОМ-6) прозрачной. По дну аквариума стелились псевдофекалии.

На 48 часу погибли моллюски с концентрацией 85 мг/л, тогда как в остальных аквариумах скорость увеличилась. Через 52 часа экспозиции наблюдалось дальнейшее повышение скорости фильтрации: при концентрации 25 мг/л она достигла 0,736 л/ч, а при концентрации 62,5 мг/л - 0,654 л/ч.

Из полученных данных видно, что детергент ОМ-6 оказывает существенное влияние на скорость фильтрации *M. galloprovincialis* - высокие концентрации токсиканта ингибируют фильтрацию, а малые стимулируют ее.

Изучение влияния детергента ОМ-6 на дыхательную активность показало, что этот токсикант отрицательно влияет на процессы поглощения кислорода моллюсками. Так, после 4-часовой экспозиции в детергенте ОМ-6 с концентрацией 2100 мг/л был зарегистрирован самый низкий показатель газообмена /0,206 мл·О₂/экз.час/, тогда как максимальный /0,366 мл·О₂/экз.час/ - при концентрации 25 мг/л (табл. 4). Таким образом, здесь прослеживается четкая закономерность: чем выше концентрации ОМ-6, которой подверглись мидии, тем ниже количество потребленного моллюсками кислорода (таблица 3). По-видимому, это связано с тем, что детергент ОМ-6, являясь поверхностно-активным веществом, влияет на осмотические процессы, в том числе на диффузию кислорода через жаберный эпителий в результате изменения его физико-химических свойств.

Таблица 3

Дыхательная активность мидий после 4-х часовой экспозиции в детергенте ОМ-6 (в мл О₂/экз.час)

Концентрации ОМ-6, мг/л						Контроль
25	42,5	62,5	85	425	2100	
0,366	0,353	0,306	0,300	0,233	0,206	0,373

Выводы

1. Черноморские мидии *M. galloprovincialis* по разным видам и концентрации токсикантов, в условиях острого опыта, реагируют дифференцировано. Наиболее устойчивы моллюски к нефтяному загрязнению (Анастасьевская нефть) с концентрацией 15-20 мг/л. При концентрации нефти 30 мг/л смертность животных через 78 ч. соста-

вила всего 2,5%. У выживших моллюсков заметно снижается чувствительность к механическому раздражению.

2. Влияние детергента ОМ-6 на выживаемость мидий существенным образом проявляется при концентрации 85-2100 мг/л, когда смертность отдельных моллюсков регистрируется через 3-6 ч. Полная смертность у некоторых групп животных наблюдалась через 24 часа, а у всех - через 51 час.

3. Смесь детергента ОМ-6 с нефтью в соотношении 1:10 более токсична, чем смесь в соотношении 1:50. В первом случае 100%-ная смертность мидий наблюдалась через 57, а во втором - через 75 часов.

4. Устойчивость мидий к токсикантам зависит от возраста (размеров) животных. Моллюски длиной 75-80 мм при самых высоких (2100 мг/л) концентрациях детергента ОМ-6 выживают до конца вторых суток, тогда как молодые особи (длиной 8-12мм) погибают уже на первые сутки.

5. Личинки мидий на стадии великонха при концентрации нефти 10 мг/л живут 36 часов, при этом их двигательная активность сильно подавлена. В смеси детергента и нефти (1:10) и при концентрации ОМ-6, равной 425 мг/л, 100%-ная гибель личинок наступает соответственно через 32 и 36 часов.

6. На фильтрацию и дыхание мидий влияет детергент ОМ-6. С увеличением его концентрации от 25 до 425 мг/л скорость фильтрации моллюсков после 4 часов содержания в растворе токсиканта снижается на 7-9%, а после 24 часов - до 34%. При низких концентрациях (25-62,5 мг/л) после 46-52-часовой экспозиции темп фильтрации не только достигает нормы, но и на 5-13% превышает ее. С увеличением концентрации детергента от 25 до 2100 мг/л скорость потребления кислорода снижается от 0,366 до 0,206 мл-О₂/экз.час/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алякринская И.О. Распределение мидии и некоторые данные об их химическом составе в связи с загрязнением Новороссийской бухты //Тр. ин-та океанологии АН СССР. Вып. 85. 1967. С. 61-78.

2. Алякринская И.О. О поведении и фильтрационной способности мидии в воде загрязненной нефтью //Зоол.ж. Вып. 45. № 7. 1968. С. 40-47.

3. Громов В.В. Влияние бытового и нефтяного загрязнения на донную растительность //Мат. Всесоюз. симп. по изученности Черного и Сред. морей. Часть 4. Севастополь. 1973. С. 22-26.

4. Зобова Н.В. Растворимость нефти в воде //Матер. Всесоюз. симпоз. по изученности Черного и Сред. Морей. Часть 4. Севастополь. 1973. С. 18-24.

5. Иванов А.И. Биологические и экономические предпосылки выращивания мидии в Черном море //Тр. ВНИИ торг.-рыбн.хоз. и океанографии. 94. 1971. С. 21-28.

6. Касымов А.Г. Исследование действия различных нефтей на донную фауну Каспийского моря //Матер.Всесоюз.симп. по изученности Черного и Сред. Морей. Севастополь. Часть 4. 1973. С. 71-72.

7. Мазманиди Н.Д. К вопросу о симптоматологии и механизме действия растворенных нефтепродуктов на некоторые виды гидробионтов Черного моря //Матер.Всесоюз.симп. по изученности Черн. и Сред. Морей. Севастополь. Часть 4. 1973а. С. 102-103.

8. Мазманиди Н.Д. К вопросу о действии нефти на некоторые виды моллюсков и ракообразных Черного моря // Матер.Всесоюз.симп. по изученности Черн. и Сред. Морей. Севастополь. Часть 4. 1973б. С. 103-104.

9. Мазманиди Н.Д. Экология рыб Черного моря и нефть //Батуми.1997. 145 с.

10. Миловидова Н.Ю. Выживаемость черноморских мидий в условиях нефтяного загрязнения. //Биол. продук. южных морей. Киев. Наукова думка. 1974. С. 52-56.

11. Миронов О.Г. Нефтяное загрязнение и жизнь моря //Киев. Наукова думка. 1975. 236 с.

12. Можаяев Е. А. Загрязнение водоемов ПАВ // М. Наука.1976. 187 с.

Никитин В.Н. Количественное распределение мидии у восточных берегов Крыма //Докл. АН СССР. 130. №3. 1960. С.27-31.

13. Патин С. А. Химическое загрязнение и его влияние на морских организмы и сообщества //Океан. 1.5. Биол.океана. М. Наука. 1978. С. 61-72.

14. Патин С.А. Экологическая токсикология и биогеохимия загрязняющих веществ в мировом океане //Автореф.дисс. МГУ. Биол. фак. 1977. 54 с.

15. Потеряев Ч.А. Санитарно-биологическое исследование на Черном море //Работа Новоросс.биол.стан. им В.М. Арнольди. Т.2. Вып. 1. 1936. С. 14-21.

16. Садыхова А. И. К аллометрии роста *Crenomytilus grauanus* залива Петра Великого //Тр. молодых уч. ВНИРО. Вып. 3. 1970. С.34-37.

17. Садыхова А.И. Формирование друз *Crenomytilus grauanus* //Зоол.ж. Т. 49. Вып.1. 1970. С. 42-45.

18. Andrew B. Pesgueria y cultivo de mejillons y ostros en Espana //Bull. Technicas des ed Estudios de Pesca. 7. 1970. P. 10-12.

19. Bellan Gerard. Pollution et peuplement marins //Sci. et nature. N2. 109. 1972. P. 445-449.

20. Collinson R.J. Mussel mortality in the lignite of La Speria Italy // Mar. Pollut.Bull. 9. N4. 1978. P. 33-35.

21. Fossato V.U., Sivero E. Oil pollution monitoring in the lagoon of Venice using the mussel *Mytilus galloprovincialis* //Mar.Biol. 4. N1. 1974. P. 49-54.

22. Helm M.M., Frueman E.P. The effect of expose of the hart rate of the mussel *M.edulis* //Compar.Biochem. and Physiol. 21. N2. 1970. P. 641-647.

23. Hosemi A. The ecological study on the adhering, growth and death //Japan J.Ecol. 18. N2. 1968. P. 14-17.

23. Kassting K.E. Ein mechanismus im Flimmerepithel von *Mytilus* //Naturwissenschaften. N10.1968. P.142-150.

24. Le Roux S. The toxicity of pure hydrocarbons to mussel larvae //Rapp.P-V Reun.Cons.Int.Explor Mer. 171.1977. P.180-185.

25. Lubet P. Observations sur syde sediel de *M. edulis* a Luasur-Mer //Bull.sol. In Normand. V.8.N1.1969. P. 251-254.

26. Mason S. Mussel cultivation //Underwater Jorn. V. 3. N2. 1971. P. 25-32.

27. Malone P., Dodd S. Temperature and salinity effects on calcification rate in *M.edulis* complications //Lim. and Oceanography. V. 12. N3. 1969. P. 124-126.

28. Ola V. Efficiency of particles retain in *Mytilus* //Ophelia. V.10. N1. 1972. P. 311-313.

29. Perkins E.J. Some effects of detergents in the marine environment //Chem.and Inv. N1. 1970. P. 19-22.

30. Ross June R.P. Vertical intertidal distribution of *Mytilus colifornianus* //Voliger. V.N4. 1974. P. 541-546.

31. Rinzoni Aristeo. Ubteriori dati sull'influenza di tensioatti sulla vita larvae de alcuni bivalvi marini mussel //Arch.oceanogr. e limnol. V.18. N2. 1975. P. 94-96.

32. Richard F. Petroleum hydrocarbons uptake and discharge the mussel *Mytilus edulis* //Science. V.177. N4046. 1972. P. 1129-1132.

33. Willemsen J. Quantities of water pumped by mussels (*Mytilus edulis*) //Arch. Zool. V.10. 1952. P. 105-111.