

# ПОСЛЕДСТВИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ РЫБНОГО ПРОМЫСЛА И МОРСКОГО ФЕРМЕРСТВА

ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ДОКУМЕНТ

11



## Введение

Разливы нефти могут наносить серьезный ущерб ресурсам рыбного промысла и морского фермерства в результате физического загрязнения, токсического воздействия на рыбные запасы и нарушения промысловой деятельности. Характер и степень воздействия на добычу морепродуктов зависят от характеристик разлитой нефти, обстоятельств аварийной ситуации и типа рыболовного промысла или другой деятельности, затронутой разливом. В некоторых случаях эффективные меры защиты и очистки могут предотвратить или снизить ущерб.

В настоящем документе описаны последствия загрязнения нефтью с судов для рыбного промысла и морского фермерства, а также представлены инструкции по мерам реагирования и стратегии управления работами, которые помогут снизить степень воздействия разливов нефти. Ущерб, наносимый другим экономическим ресурсам, рассматривается в отдельном Техническом Информационном Документе.

## Механизмы ущерба и убытков

Рыбный промысел (вылов диких видов) и морское фермерство (разведение в неволе) представляют собой важные отрасли экономики, которые могут серьезно и разным образом страдать от разливов нефти (Рис. 1, 2). Токсичность и удушающее действие нефти могут наносить серьезный вред животным и растениям, имеющим коммерческое значение. Морепродукты могут подвергнуться физическому загрязнению или заражению с приобретением неприятного нефтяного вкуса. Используемое для лова и культивации оборудование может быть загрязнено нефтью, что приводит к загрязнению улова и разводимых запасов или к приостановлению работ до тех пор, пока это оборудование не будет очищено или заменено. В дополнение к убыткам отдельных хозяйств и прерыванию поставок продуктов питания (Рис. 3), могут иметь место экономические последствия для рекреационной отрасли и коммерческого рыболовства, а также нарушение циклов разведения морепродуктов. Потребители могут отказаться от покупки рыбы и морепродуктов из затронутого загрязнением района, и потеря доверия на рынке может привести к экономическим убыткам даже при отсутствии реального загрязнения продукции.

Воздействие разлитой нефти определяется ее физическими и химическими характеристиками, в частности, плотностью, вязкостью и химическим составом нефти, а также тем, как эти характеристики изменяются со временем, т.е. с течением процессов выветривания нефти. Изменения, вызываемые выветриванием, сами по себе в значительной степени зависят от преобладающих климатических и морских условий.

Взрослые особи свободноплавающей рыбы и диких коммерчески важных животных, обитающих в открытом море, редко претерпевают долговременный урон от разливов нефти. Это связано с тем, что концентрация нефти в водной толще быстро снижается после разлива, лишь изредка достигая уровня, способного вызывать смертность или приносить значительный вред. К тому же, обычно распространение нефти ограничивается участком вблизи источника разлива. Находящиеся в клетках рыбы и разводимые на ограниченных площадках морепродукты, наоборот, потенциально подвергаются большему риску, т.к. они не могут избежать воздействия загрязняющей нефти на поверхности воды или в окружающей водной толще.

Самое высокое воздействие обычно наблюдается вблизи берега, где животные и растения могут физически покрываться и удушаться нефтью или непосредственно



▲ Рис. 1: Рыболовецкий флот может пострадать от разлива нефти в результате загрязнения судов и рыболовных снастей, из-за запрета на рыбный промысел или от обоих факторов, из-за которых он будет вынужден остаться в порту.

подвергаться действию токсических компонентов в течение продолжительного периода времени. По этой причине sessильные виды, такие как съедобные морские водоросли и моллюски, особенно чувствительны к удушению и токсичности нефти. Помимо смертности, нефть может наносить менее ощутимый урон, изменяя характер поведения, питания, роста и репродуктивных функций. Однако, поскольку размеры популяций многих морских видов обычно претерпевают значительные естественные изменения, трудно выявить сублетальный эффект, вызванный конкретно аварийным разливом нефти.

Морепродуктам также может быть нанесен ущерб в результате мер, предпринимаемых по ликвидации разлива нефти. Например, животные и растения, которые могли бы не пострадать от плавающей нефти, могут быть загрязнены при перемещении капелек нефти в водную толщу, особенно если поблизости используются диспергенты. Агрессивные и неуместные методы очистки, такие как сплошная промывка под высоким давлением и/или с использованием горячей воды, также могут отрицательно влиять на коммерчески значимые виды и задерживать их естественное восстановление.



▲ Рис. 2: Ферма по выращиванию морских водорослей – объекты разведения рыбы и выращивания морских культур часто подвергаются воздействию разливов нефти.



▲ Рис. 3: Существование и доходы небольших прибрежных поселений часто основаны на рыбном промысле, поэтому нефтяные разливы могут серьезно их затронуть.

Сезонные циклы рыбного промысла и морского фермерства изменяются на протяжении года согласно типу вылавливаемых или выращиваемых видов. По этой причине чувствительность видов или мероприятия, предпринимаемые при разливах, также зависят от времени года. Например, урожай некоторых крупных видов морских водорослей, выращиваемых в Азии, собирается весной или в начале лета, и их следующее поколение высаживается ранней осенью. Другие, более быстро растущие виды могут высаживаться несколько раз в год со сбором урожая на протяжении всего года. Выращивание личинок в береговых резервуарах, заполняемых морской водой, также носит сезонный характер и обычно не занимает более нескольких месяцев в течение года.

Как следствие, точный масштаб и характер ущерба для рыбного промысла или морского фермерства будут зависеть от комбинации различных факторов, которые могут возникнуть во время конкретного разлива нефти. Ни объем разлива, ни какой-либо другой отдельный фактор не позволяют однозначно предсказать вероятный ущерб. Время года, вид разлитой нефти и количество нефти, которое достигло уязвимых ресурсов, должны быть приняты во внимание. Одна из самых трудных задач состоит в распознавании воздействия разлива нефти и изменений, возникающих под воздействием других факторов, в частности, естественных изменений в числе особей, изменений в характере рыбного промысла, включая чрезмерный вылов, климатических явлений, например, колебаний температуры поверхностного слоя воды Эль-Ниньо, или загрязнения промышленными или бытовыми стоками. Во многих случаях отсутствие надежных сведений об условиях, существовавших до разлива, или ранее достигавшихся уровней производительности хозяйства усложняет эту задачу.

## Токсичность

Токсическое воздействие нефти зависит от концентрации легких ароматических компонентов в нефти и продолжительности их воздействия. Последствия воздействия токсичности варьируются от неувидимых сублетальных изменений в поведении до локализованной массовой гибели морских организмов.

Как правило, легкая нефть и легкие нефтепродукты, например, бензин или керосин, отличаются относительно высоким содержанием низкомолекулярных ароматических



▲ Рис. 4: Лангусты, морские звезды и моллюски пострадали от разлива дизельного топлива, которое естественным путем распространилось на мелководье во время шторма.

веществ, которые могут вызывать острые токсические последствия. Поголовья диких видов иногда страдают от токсических последствий после крупных разливов легких нефтепродуктов недалеко от берега, особенно в штормовых условиях или сильном прибое (Рис. 4). В таких условиях относительно большая часть более легких токсичных компонентов не испаряется с поверхности моря, а рассеивается в толще воды и собирается на мелководье. В результате этого концентрация нефти в воде повышается, что может приводить к отравлению или гибели морских организмов. Представители бентической фауны, такие как двустворчатые моллюски и ракообразные, являются особенно уязвимыми в приливно-отливной зоне



▲ Рис. 5: При несильном загрязнении нефтью рыболовные сети и верши могут быть очищены, однако в некоторых случаях их замена может быть более оправданной с экономической точки зрения.



▲ Рис. 6: Рыболовители подвержены загрязнению плавающей нефтью.



▲ Рис. 7: Береговые рыбобитомники требуют больших объемов чистой морской воды. Водозаборные устройства обычно располагаются ниже водной поверхности и могут загрязняться диспергированной нефтью.

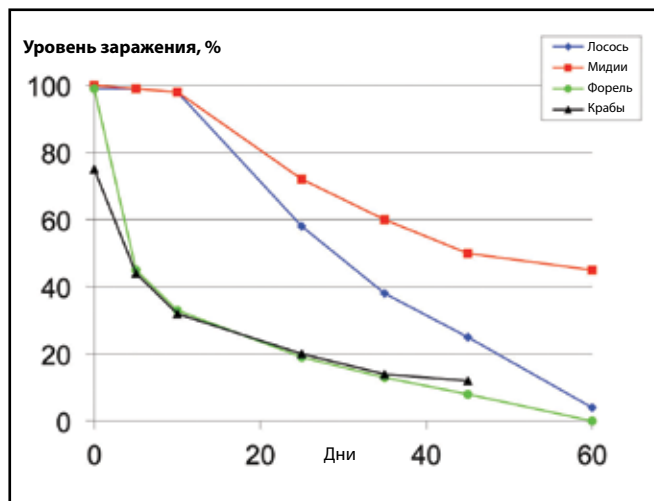
и на мелководье ниже приливно-отливной зоны. В редких случаях в таких условиях также наблюдалась гибель свободноплавающих рыб.

Согласно лабораторным исследованиям, воздействие на подопытные виды более низких концентраций токсичных компонентов нефти может приводить к нарушению различных физиологических функций, например, дыхательных, двигательных и репродуктивных, а также ведет к повышению вероятности генетических мутаций в зародышах и личинках. В природных условиях бывает трудно обнаружить такие сублетальные последствия, к тому же, широкое распространение на крупные популяции, которого можно было бы ожидать, экстраполируя лабораторные результаты на реальные условия, еще не наблюдалось. Аналогичным образом, несмотря на возможную гибель икринок и личинок после разлива нефти, последующее снижение популяции взрослых видов фиксируется чрезвычайно редко. Отчасти это объясняется значительной естественной устойчивостью морских экосистем к разнообразным сильным воздействиям. Морские организмы легко адаптируются к естественно высокому уровню смертности, среди прочего, посредством производства значительного избыточного количества икринок и личинок и привлечением особей из популяций за пределами затронутого участка.

## Физическое загрязнение

Нефть может загрязнять суда, оборудование для вылова и объекты морского фермерства и затем может переноситься на улов или выращиваемую продукцию (Рис. 5). Разведение и содержание большого количества многих видов морепродуктов означает, что обнаружение, изоляция и устранение загрязненных особей редко бывают возможными. Оборудование для обеспечения плавучести, например, поплавки и буи, подъемные сети, накидные сети и стационарные ловушки (Рис. 6), возвышающиеся над поверхностью моря, подвергается особой опасности загрязнения плавающей нефтью. Лески, сети для вылавливания устриц, донные тралы и погруженные части средств для разведения морепродуктов обычно защищены при условии, что они не извлекаются сквозь загрязненную нефтью морскую поверхность и не подвергаются воздействию опустившейся на дно или рассеявшейся в толще воды нефти. Береговые средства для разведения морепродуктов, такие как находящиеся в приливной зоне устричные стойки (Рис. 16 и 19), являются особенно уязвимыми. Они обычно располагаются в средней или нижней части берега, где естественный подъем и спад прилива оставляют полосу береговой линии открытой для загрязнения нефтью. Когда морские фермы подвергаются физическому воздействию плавающей нефти, загрязненная нефтью поверхность может быть источником вторичного загрязнения до тех пор, пока не будет очищена.

Разведение морских водорослей, различных видов рыб и многих морских животных, таких как ракообразные, моллюски и иглокожие, часто связано с применением береговых резервуаров для выращивания молоди до товарного размера или до размера и возраста, пригодных для перемещения в море (Рис. 7). Такие объекты обычно снабжаются чистой морской водой через водозаборы, расположенные ниже уровня отлива. Эти водозаборы иногда могут подвергаться опасности загрязнения опустившейся на дно нефтью или каплями диспергированной нефти, что может повлечь за собой загрязнение труб и резервуаров, а также потерю разводимых особей. Наличие нефти может значительно повысить уже существующую нагрузку на особей, содержащихся в искусственной среде в клетках или резервуарах. Например, если число особей или температура воды на рыбной ферме повышаются до необычно высокого уровня, то повышается риск смертности, возникновения заболеваний или замедления роста, хотя это может происходить и вне зависимости от загрязнения нефтью.



▲ Рис. 8: Скорость очищения (исчезновение заражения) рыбы и моллюсков после экспериментального воздействия нефти с месторождения Forties (Источник: Davis, H.K., Moffat, C.F. & Shepherd, N.J. (2002)). Экспериментальное заражение морской рыбы тремя химически диспергированными нефтепродуктами в сопоставлении с данными нефтяного разлива из танкера BRAER. (Spill Science & Technology Bulletin, Vol 7, Nos.5-6, pp.257-278)



▲ Рис. 9: Морепродукты составляют важный источник белка в рационе жителей многих прибрежных поселений.

## Заражение продукции

Заражение обычно определяется как появление запаха или вкуса, не свойственного пищевому продукту. Загрязнение морепродуктов нефтью обычно легко обнаруживается по свойственным нефти привкусу или запаху. Двусторчатые моллюски и другие sessильные биофильтраторы обычно подвержены заражению, поскольку они профильтровывают значительное количество воды и рискуют проглатывать капельки диспергированной нефти и нефтесодержащие частицы, взвешенные в водной толще. Заключенная в клетку рыба, особенно с высоким содержанием жира, такая как лосось, более склонна к накоплению и удержанию нефтяных углеводородов в своих тканях.

Другие факторы, которые влияют на появление и стойкость заражения, включают вид нефти, загрязненные виды, степень и продолжительность воздействия, гидрографические условия и температуру воды. Заражение живых тканей - это обратимый процесс, но если заражение нефтью часто наступает быстро (за считанные минуты или часы), то процесс очищения, при котором загрязнители метаболизируют и выводятся из организма, происходит гораздо медленнее (в течение нескольких недель) (Рис. 8). При низкой температуре окружающей среды метаболизм, а следовательно, очищение морепродуктов может происходить очень медленно.

Были определены некоторые из химических компонентов нефти и нефтепродуктов, которые могут потенциально вызывать заражение особей, но многие компоненты остаются неизвестными. Кроме того, хотя точные значения пороговых концентраций не были определены, заражение может наступить при очень низкой концентрации углеводородов. В этой связи путем только химического анализа не представляется возможным определить, загрязнен ли продукт. Тем не менее, наличие или отсутствие заражения может быть быстро и надежно определено путем сенсорного исследования (известного также как органолептическое исследование), особенно при участии квалифицированного персонала и применении хорошо обоснованных протоколов испытаний. Поскольку уровни загрязнения, которые приводят к неприятному привкусу морепродуктов, очень низкие, то факт оценки продукта как незараженного является доказательством того, что он безопасен в употреблении.

## Опасения в связи со здоровьем людей

Загрязнение употребляемых в пищу морепродуктов или организмов после крупного разлива нефти может вызывать опасения в связи со здоровьем людей и привести к введению ограничений на рыбный промысел. Данные опасения прежде всего связаны с присутствием в нефти полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Не все ПАУ обладают одинаковой активностью из-за различий в молекулярной структуре, которая влияет на их метаболизм. Разливы сырой нефти прежде всего вызывают загрязнение низкомолекулярными ПАУ, которые обычно несут низкую канцерогенную опасность, но вызывают опасения по причине их сильной токсичности или способности вызывать заражение продуктов. С другой стороны, тяжелая топливная нефть обычно характеризуется более высоким содержанием высокомолекулярных ПАУ, включая те, которые могут быть активными канцерогенами. Ключевым фактором мутагенной активности ПАУ является образование реактивных метаболитов, которые притягивают ДНК и могут вызывать генетические мутации, что особо опасно в случае ПАУ с бензольными кольцами от 3 до 7. Хотя это и важно по причине физических характеристик топливной нефти и сопутствующих эмульсий, высокая вязкость и низкая способность к диспергированию данных видов нефти приводят к тому, что она не столь легко проникает в живые ткани ввиду своей более низкой биологической усвояемости.

Уровень фоновой концентрации ПАУ в воде, грунте и тканях широко варьируется и связан с рядом внешних факторов, включая пирогенные (связанные с горением), хронические антропогенные (связанные с деятельностью человека) и природные. Допустимое количество ПАУ при потреблении морепродуктов отличается для разных людей и сообществ в зависимости от стандартного размера порций, частоты потребления нефтепродуктов и массы тела отдельных людей. В этой связи опасностью для отдельных людей или групп населения канцерогенов, образующихся при разливах нефти, зависит от характера потребления морепродуктов в конкретной местности (Рис. 9). В то время как не представляется возможным определить допустимую норму потребления ПАУ в составе морепродуктов, можно установить их приемлемый уровень для конкретных географических районов согласно стандартному уровню и характеру потребления морепродуктов. В результате ряд официальных органов принял Предельно Допустимые Концентрации (ПДК) ПАУ в морепродуктах. Например, в Евросоюзе предельно допустимая концентрация ПАУ бензопирена (BaP) в рыбе составляет <2 мкг/кг, а в



▲ Рис. 10: Рыба для продажи – прерывание коммерческого рыбного промысла может иметь важные экономические последствия для всех участников торговой цепи – от портов стоянки судов до розничных торговцев, как этот рыночный прилавок.

двустворчатых моллюсках <10 мкг/кг (Таблица 1).

Агентство по охране окружающей среды США (АООС США) выделило 16 ПАУ, являющихся приоритетными загрязнителями и подлежащими целенаправленному измерению в экологических пробах. Ориентировочные нормы 16 приоритетных ПАУ, образующихся при разливах, были установлены на основе их совокупности. Однако,

поскольку ПАУ образуют сложную смесь, включающую тысячи компонентов, в качестве индикатора загрязнения часто используется совокупный уровень ПАУ. Совокупный уровень часто трудно поддается интерпретации, поскольку зависит от характера отдельных компонентов, включенных в состав общего ПАУ. По этой причине необходимо рассматривать фактические анализируемые виды ПАУ, с тем чтобы обеспечить возможность оценки уровней загрязнения на основе справедливого сравнительного анализа.

Диапазон относительной активности различных ПАУ простирается на несколько уровней. Ключевым компонентом считается ВаР, и по причине его наличия в сигаретном дыму данный ПАУ является наиболее исследуемым. В результате данных исследований был разработан набор инструкций по использованию ВаР в качестве индикатора. Помимо этого, для сравнения проб разного происхождения и применения ориентировочных значений были разработаны Факторы Токсической Эквивалентности (ФТЭ), в которых концентрация отдельных ПАУ выражается как эквивалент ВаР на основе относительной канцерогенной активности. Данные значения суммируются для получения эквивалентной величины бензопирена (ВаРЕ).

Общее воздействие ПАУ на человека из всех потенциальных источников зависит от многих переменных факторов. Например, широкое разнообразие копченых или жареных продуктов также содержат ПАУ, аналогичные или сходные с веществами, образующимися при нефтяном разливе. Листовые овощи, выращиваемые вблизи городских центров, могут загрязняться находящимися в воздухе ПАУ, которые осаждаются на листьях. Другую сложность для оценщиков качества пищевых продуктов составляет тот

	Показатель	Ориентировочные нормы <sup>1</sup>	Повреждаемые виды
Франция - AFSSA <sup>2</sup> (ERIKA 1999)	16 видов ПАУ были подвергнуты анализу Национальной сетью контроля морской и прибрежной экологии Франции (RNO)	$\Sigma < 500$ мкг/кг DW Исключение из продажи при >1000 мкг/кг DW	Моллюски и ракообразные
Великобритания - FSA <sup>3</sup>	Бензоантрацен Бензопирен Дибензантрацен	$\Sigma < 15$ мкг/кг WW	Все морепродукты
Европейский Союз (2005)	Бензопирен (ВаР)	< 2 мкг/кг WW < 5 мкг/кг WW < 10 мкг/кг WW	Рыба Ракообразные и головоногие Моллюски и ракообразные
Южная Корея (MIFAFF) <sup>4</sup> (HEBEI SPIRIT 2007)	Бензопирен-эквивалент (ВаР)	< 3,35 мкг/кг WW	Все морепродукты
США - EPA <sup>5</sup> (NEW CARISSA 1999)	ВаРЕ	“Безопасно” < 10 мкг/кг WW “Небезопасно” < 45 мкг/кг WW	Моллюски и ракообразные Моллюски и ракообразные
США – EPA <sup>5</sup> (KURE 1997)	ВаРЕ	“Безопасно” < 5 мкг/кг WW “Небезопасно” < 34 мкг/кг WW	Моллюски и ракообразные Моллюски и ракообразные
US EPA <sup>5</sup> (JULIE N 1996)	ВаРЕ	“Безопасно” < 16 мкг/кг WW “Небезопасно” < 50 мкг/кг WW	Лангусты Лангусты

<sup>1</sup> DW – Сухая масса; WW – Сырая масса. Как правило, DW = пригл. 15% x WW; мкг/кг ≡ частей на млрд.

<sup>2</sup> AFSSA: Агентство по санитарной защите продуктов питания

<sup>3</sup> FSA: Агентство по стандартам на пищевые продукты. Эти Ориентировочные нормы теперь заменены Стандартами Европейского Союза.

<sup>4</sup> MIFAFF: Министерство пищевой промышленности, сельского, лесного и рыбного хозяйства

<sup>5</sup> EPA: Министерство охраны окружающей среды. Отличия в ориентировочных нормах связаны прежде всего с отличиями в региональных диетах.

▲ Таблица 1: Примеры ориентировочных норм для уровней ПАУ, используемых различными органами для контроля безопасности морепродуктов после разливов нефти.

факт, что на качество морепродуктов влияют и другие формы загрязнения, например, тяжелые металлы, водорослевые токсины, патогенные бактерии и вирусы. По этой причине потенциальное воздействие разливов нефти на здоровье населения должно рассматриваться в его полном контексте с целью определения и внедрения соответствующих мер по исправлению ситуации. Принимая во внимание степень, частоту и продолжительность воздействия ПАУ после разливов нефти, большинство исследований по оценке рисков привели к заключению о том, что обычно имеет место достаточный резерв между уровнем ПАУ в морепродуктах после разлива и уровнем, который мог бы создать значительную угрозу для здоровья населения, даже в случаях использования данных продуктов в качестве основного рациона.

## Потеря доверия на рынке и нарушение деловой активности

Нарушение работы рыбного промысла и морского фермерства, а также потенциальная возможность их существенного экономического ущерба часто составляют наиболее серьезные последствия разливов нефти (Рис. 10). Опасения в связи с нанесением вреда здоровью населения и выявление заражения морепродуктов могут приводить к снятию продукции с рынка. При этом может быть также потеряно доверие на рынке с вытекающим снижением цен или непосредственным отказом от закупок морепродуктов со стороны оптовых закупщиков и потребителей. Обсуждение нефтяного загрязнения в средствах массовой информации или при непосредственном общении людей может быть чревато последствиями для товарной ценности морепродуктов. Тем не менее, количественная оценка финансовых потерь по причине утраты доверия рынка может быть затруднительной, так как она зависит от наличия надежных данных, непосредственно связывающих снижение продаж и падение цен с разливом нефти.

При отсутствии возможности защитить рыбопромысловое оборудование и объекты морского фермерства от нефтяного загрязнения экономические убытки обычно имеют место до тех пор, пока такие объекты не будут очищены и снова введены в эксплуатацию. Количественная оценка экономического ущерба в результате гибели выращиваемых организмов часто представляет собой достаточно простой процесс подсчета и взвешивания пораженной продукции. После этого на основе прогноза урожайности продукции и ожидаемых рыночных цен при продаже рассчитываются убытки за вычетом любых сэкономленных производственных затрат, например, на оплату труда персонала, корм и топливо. Также необходимо принять во внимание степень естественной смертности, которая обычно имеет место при разведении морепродуктов.

## Варианты реагирования и снижения ущерба от загрязнения

При загрязнении нефтью объектов морского фермерства, рыболовных конструкций или снастей они иногда могут быть очищены на месте, например, с помощью высоконапорного промывочного оборудования (Рис. 11). При более значительном загрязнении может потребоваться демонтаж оборудования для его очистки. В случаях, когда очистка невозможна или затраты на очистку, вероятно, превысят затраты на приобретение нового оборудования, предпочтительным вариантом может оказаться его замена (Рис. 12).

Для защиты стационарного оборудования для вылова и объектов морского фермерства от загрязнения иногда могут



▲ Рис. 11: Оборудование морских ферм может быть очищено на местах посредством высоконапорной промывки.



▲ Рис. 12: Сильно загрязненные стойки для выращивания морских водорослей. Они не могли быть очищены до удовлетворительного состояния и поэтому были демонтированы и заменены новыми конструкциями.



▲ Рис. 13: При заблаговременном оповещении о разливе вокруг рыбных клеток может быть навешена пригруженная полимерная пленка с целью защиты от загрязнения плавающей нефтью.



▲ *Рис. 14: Загрязнение нефтью фермы по разведению морских ушек. Сорбирующие маты, хотя и не пригодные для удаления большого объема нефти, часто бывают полезными для удаления пленки с внутренних поверхностей рыбных клеток.*

использоваться боны и другие физические заграждения. К сожалению, оборудование для рыбной ловли и морского фермерства часто намеренно размещается в зоне миграционных путей рыбы или эффективного водообмена, и такие места обычно характеризуются достаточно быстрым течением, при котором боны становятся практически неэффективными. Расположенные в спокойной воде рыбоводческие фермы иногда могут быть защищены сверхпрочной полимерной пленкой, оборачиваемой по периметру клеток и препятствующей попаданию плавающей нефти на сети или поплавки (Рис. 13). Пленка не должна уходить слишком далеко вниз от поверхности воды и должна быть пригружена по нижней кромке, чтобы предотвратить ее всплытие под действием течения или волн. В некоторых случаях вокруг клеток также могут разворачиваться сорбирующие боны.

Хотя сорбенты непригодны для удаления большого количества нефти, они часто бывают полезны для удаления тонких нефтяных пленок с поверхности воды в цистернах и клетках (Рис. 14). Сорбирующие материалы также часто с успехом используются для фильтрации морской воды, поступающей на береговые сооружения. Во всех случаях важно вовремя заменять нефтезагрязненные сорбенты, чтобы они не стали источником вторичного загрязнения. Не должен использоваться сорбент в виде несвязанных твердых частиц, так как они могут ошибочно приниматься рыбами за корм.

Загрязнение оборудования плавающей нефтью иногда может быть снижено или предотвращено путем нанесения диспергентов на нефтяные пятна, расположенные на достаточном расстоянии от прибрежных рыбопромысловых объектов. Расстояние, достаточное для предотвращения загрязнения рыбных запасов диспергированной нефтью, зависит от силы и направления преобладающих течений и времени, необходимого для достаточного разбавления диспергированной нефти в водной толще. По этой причине применение диспергентов вблизи или выше по течению от объектов морского хозяйства, мест нереста, рыбопитомников или водозаборов должно проводиться только после тщательного рассмотрения потенциальных последствий.

Помимо стандартных мер реагирования на разливы, существуют альтернативные стратегии ликвидации аварий: буксировка плавучих объектов в сторону от пути распространения нефтяных пятен, временное заглубление специально сконструированных клеток для прохождения



▲ *Рис. 15: Для охраны здоровья населения и предотвращения попадания загрязненных продуктов на рынок после нефтяного разлива могут вводиться запреты на рыбный промысел.*

нефти поверх них и перемещение разводимых особей в места с малой вероятностью загрязнения. По ряду технических, логистических и финансовых причин вероятность возможности использования данных методов невелика, но при соответствующих обстоятельствах и при достаточном планировании эти возможности по предотвращению загрязнения и финансовых убытков не должны упускаться из виду.

Для береговых резервуаров, нерестовых прудов или инкубаторных станций временное приостановление забора воды и рециркуляция уже находящейся в системе воды может составить эффективную меру для изоляции разводимых особей от угрозы нефтяного загрязнения. Например, кратковременная защита может быть достигнута путем закрывания шлюзных ворот в пруды для разведения креветок. Временное приостановление кормления может составить возможность для предотвращения контакта разводимой рыбы и других морепродуктов с загрязненным кормом, который в противном случае мог бы распространиться через пленку нефти на поверхности воды. Дополнительное преимущество сокращения или приостановления кормления состоит в уменьшении поступления продуктов отходов в циркулирующую воду. Необходимо соблюдать осторожность - важно избежать чрезмерной смертности особей в связи с накоплением токсичных отходов в стоячей или циркулирующей воде. Необходимо найти баланс между потенциальным ущербом для разводимого потомства от этих действий и от загрязнения нефтью.

Для того, чтобы такие стратегии по снижению ущерба были эффективными, необходимо в планах ликвидации аварийной ситуации указать уязвимые объекты рыбного промысла и морского фермерства. Работающих в этой сфере необходимо привлекать к участию в учениях и тренировочных занятиях для проверки их готовности к реагированию на разливы. Производителей морепродуктов необходимо незамедлительно уведомлять о любом разливе, который составляет угрозу для их объектов, чтобы у занимающихся рыбным промыслом и морским фермерством было достаточно времени для реализации своей стратегии.

В некоторых случаях производители морепродуктов могут столкнуться с риском полной потери всех разводимых особей в результате разлива нефти. При достаточно заблаговременном уведомлении возможно проведение вылова особей до их загрязнения нефтью. Хотя данные особи, возможно, еще не достигли своей полной товарной



ценности, от их реализации может быть получена определенная выручка. И наоборот, нормальный вылов может быть отсрочен, чтобы дать возможность загрязненным особям очиститься путем естественных метаболических процессов. К сожалению, точное предсказание сроков успешного завершения этого процесса может быть затруднительным, поскольку скорость очищения зависит от местных условий и видов морепродуктов. Учитывая вероятность долгосрочности процессов очищения разводимых особей, они со временем могут превысить оптимальный рыночный размер, так что потребуются найти альтернативные и, возможно, менее прибыльные рынки.

## Стратегии управления

Для предотвращения или снижения воздействия нефтяного загрязнения предлагается ряд стратегий управления. Самая простая из них заключается в невмешательстве за исключением мониторинга развития нефтяного разлива и угрозы для морепродуктов. Вмешательство первого уровня может иметь форму инструкций для производителей морепродуктов, например, по мерам, которые помогут снизить убытки. При вылавливании рыбы рыбаками любителями достаточную защиту иногда можно обеспечить с помощью простой рекомендации воздержаться от применения улова в пищу и временным принятием принципа "поймал-выпустил". Более строгие меры включают контроль розничной торговли, изъятие уловов и морепродуктов, ограничения на промысел и закрытие рыбных ферм (Рис. 15). Каждая из этих мер имеет потенциальные недостатки, и до ее применения целесообразно провести тщательный анализ всех других возможных вариантов. Следующие четыре стратегии помогут официальным органам справиться с ситуацией и с уверенностью отменять введенные ограничения и контроль.

## Отбор проб, мониторинг и анализ

Задачи четко сформулированной программы мониторинга должны быть направлены на определение степени, продолжительности и пространственного распространения нефтяного загрязнения (Рис. 16). Как правило, для введения ограничений на рыболовство или продажу морепродуктов отбор и анализ относительно небольшого числа проб часто бывают достаточными для того, чтобы убедиться в первоначальном наличии загрязнения или заражения, а также определения границ пораженного участка. Минимальное число проб, необходимое для получения надежных результатов, определяется для каждого конкретного случая индивидуально. Мониторинг последовательного снижения уровня загрязнения посредством отбора проб через определенные промежутки времени помогает с уверенностью определить момент, когда уровень загрязнения падает до уровня фонового загрязнения.

Периодичность и географическая протяженность участков отбора и анализа проб должны определяться в зависимости от серьезности загрязнения и наблюдаемой скорости очищения. Практичным методом является проверка проб на зараженность. Уровни ПАУ не должны превышать уровни в пробах, отобранных непосредственно за пределами пораженной зоны, или среди морепродуктов, свободно продаваемых на рынках в других районах страны. Если два последовательно отобранных за короткий период времени набора проб демонстрируют допустимые результаты, то ограничения могут быть сняты, или их объем может быть скорректирован в случае достаточного снижения загрязнения в границах определенного участка или в рамках определенных морских видов.

Проведение анализа всех взятых проб может не потребоваться, и некоторые из них могут быть сохранены



▲ Рис. 16: Сбор образцов устриц. Минимально необходимое для получения надежных результатов число образцов должно определяться отдельно для каждого конкретного случая.



▲ Рис. 17: Рыба и моллюски обычно подвергаются термической обработке на пару перед проведением сенсорного исследования. После приготовления эти лангусты были раскрыты, и белое мясо опробовано по запаху и вкусу на возможность заражения.

для последующего анализа на случай, если первоначальные результаты окажутся неубедительными или ненадежными. Объектами анализа должны быть виды, имеющие коммерческую, рекреационную или важную для рациона ценность, а также те, которые непосредственно употребляются в пищу. Тщательный отбор контрольных проб с близлежащих не пораженных нефтяным загрязнением территорий важен для сравнительных целей и исключения фактора помех от фонового загрязнения. В некоторых случаях отбор проб на местных рынках морепродуктов может предоставить исходную точку для сравнения с пробами, взятыми на загрязненных нефтью участках.



▲ *Рис. 18: Отбор проб воды на огороженной береговой ферме. В помощью анализа можно определить возможное загрязнение разводимых особей.*



▲ *Рис. 19: Процедуры контроля уровней загрязнения, как в случае этих моллюсков, должны включаться в планы ликвидации аварийной ситуации во избежание ненужных запретов на рыбный промысел.*

Пробы тканей животных и растений являются скоропортящимися и должны отбираться и храниться надлежащим образом для сохранения их достоверности. Во избежание заражения и взаимного загрязнения образцов должны использоваться чистые емкости для хранения (предпочтительно, стеклянные). Охлаждение или замораживание проб для предотвращения их микробиального разложения за короткое время являются наиболее традиционными способами сохранения проб. Отобранные пробы должны запечатываться, маркироваться и быстро помещаться в изолированную емкость с охлаждающим веществом для перевозки в лабораторию с целью анализа или в камеру замораживания для более длительного хранения. Важно, что согласно некоторым протоколам анализа после длительного периода хранения даже замороженные пробы теряют свою полноценность.

## Сенсорное исследование

Сенсорное исследование часто является наиболее приемлемым методом установления наличия или отсутствия привкуса нефти в продуктах и определения пригодности морепродуктов для употребления в пищу (Рис. 17). Специально обученная дегустационная комиссия и достоверные контрольные пробы составляют важные элементы протокола сенсорных исследований. Для получения воспроизводимых результатов и снижения субъективности оценки исследование должно проводиться вслепую, т.е. дегустаторы не должны знать, какая из проб является контрольной, а какая - потенциально загрязненной.

Порог отсутствия заражения может быть определен как уровень, при котором репрезентативное число проб с загрязненной территории было признано не более загрязненным, чем такое же число проб, отобранных с близлежащего контрольного участка или из торгового пункта, находящегося вне зоны разлива. Данный подход принимает во внимание факт возможных расхождений в оценке разных дегустаторов и потребителей, а также возможность появления в любой популяции загрязненных особей по причинам, не связанным с нефтяным загрязнением. Уверенность в том, что рыба или ракообразные являются незараженными и безопасны для потребления, опирается на получение данных мониторинга, демонстрирующих прогрессирующее снижение заражения после разлива, через определенные временные промежутки (Рис. 8).

## Химический анализ

Сенсорное исследование может служить в качестве полезного инструмента отбора проб. Тем не менее, отсутствие специально подготовленных дегустационных комиссий, легкая доступность и низкая стоимость аналитических методов, а также применение стандартов химической безопасности морепродуктов многими официальными органами делают химический анализ чаще используемым в управлении рыбным промыслом и морским фермерством после нефтяного разлива. В большинстве случаев химический анализ ПАУ проводится с использованием метода газовой хроматографии в сочетании с методом масс-спектрометрии (GC/MS), после чего концентрация ПАУ сопоставляется с государственными или международными стандартами или с уровнем ПАУ в эталонных пробах, отобранных на местном контрольном участке.

Отбор проб организмов и морепродуктов для анализа обычно предпочтительнее, чем отбор проб воды и грунта, так как организмы осуществляют эффективный мониторинг состояния окружающей воды и/или грунта посредством аккумуляции загрязнителей и последующего очищения. Вода и/или грунт служат проводником, по которому загрязнители поступают в организмы. Вследствие этого, если загрязнение водной толщи очевидно (например, через визуальное наблюдение), то обычно бывает предпочтительным проведение анализа морепродуктов для определения того, передалось ли загрязнение в организмы. Основной интерес и важность для регулирующих органов и потребителей представляет состояние морепродуктов, нежели состояние воды или грунта. В случаях, когда наличие загрязнителей не может быть засвидетельствовано очевидными методами, исследование проб водной толщи, в особенности из закрытых береговых объектов (Рис. 18), или отдельных показательных видов (например, мидий) может потребоваться для того, чтобы снять опасения в отношении загрязнения разводимых видов.

## Управление закрытием рыбного промысла

После разлива нефти могут вводиться ограничения на рыбный промысел для предотвращения или снижения загрязнения оборудования вылова, а также для защиты или успокоения потребителей морепродуктов. Рыбаки могут согласиться на добровольное приостановление вылова в

качестве меры предосторожности на период, когда нефть находится на участке их обычного лова, и таким образом избежать повторного загрязнения оборудования вылова. Если добровольное приостановление вылова является недостаточным, может вводиться официальный запрет или ограничения на торговлю, однако при этом важно также рассмотреть критерии для возобновления вылова и отмены таких запретов и ограничений.

Запрет на рыбный промысел, введенный для защиты оборудования и улова, обычно может быть отменен, когда морская поверхность будет зрительно свободна от нефти, пленки и признаков затонувшей нефти. Ограничения, вводимые на основании доказанного заражения или загрязнения морепродуктов, обычно действуют более длительное время и требуют тщательного мониторинга. В большинстве случаев нефтяных разливов протокол управления рыбным промыслом и морским фермерством включает такие меры, как обследования на предмет отсутствия плавающей пленки или затонувшей нефти, сенсорное исследование на выявление заражения морепродуктов и химический анализ для подтверждения падения уровня загрязнения до исходного или максимально допустимого. Каждая из этих стратегий по отдельности, а чаще их комбинации, обеспечивают научную достоверность и необходимую защиту потребителей от неприятных на вкус и небезопасных морепродуктов.

Критерии для возобновления рыбного промысла должны быть реалистичными и достижимыми с учетом приемлемого качества морепродуктов в данном районе. Обоснованное принятие решений требует знания принципов управления рыбными ресурсами и наличия надежных сведений о

фоновых уровнях загрязнения как на местном, так и на общегосударственном уровне. Полезно также хорошее понимание физических и химических характеристик нефтесодержащих загрязнителей и их влияния на морскую растительность и животный мир. Знание характера потребления пищевых продуктов и сезонных вариаций также поможет определить риск для здоровья населения и позволит регулирующим органам составить обоснованное мнение об управлении этим риском.

Регулирующие органы по качеству морепродуктов должны обеспечить баланс между необходимостью проинформировать, успокоить и защитить население и предотвращением распространения излишних опасений. Конкретные применяемые стратегии отражают принятую в данной стране культурную и административную практику и поэтому варьируются в разных странах. Средства массовой информации могут играть важную роль в формировании рациональной реакции на временные ограничения посредством сообщения о результатах правильно проведенного отбора проб и исследований.

Критерии введения и отмены запретов должны составлять важную часть планов ликвидации аварийной ситуации (Рис. 19). И наконец, выгода от закрытия промысла должна быть сопоставлена с экономическими убытками от длительного сбоя в рыбном промысле и морском фермерстве. Парадоксально, но запрет на рыбный промысел при разливе нефти иногда может приводить к благотворному сохранению рыбных запасов, в частности, в случаях минимального воздействия нефти на немигрирующие коммерчески вылавливаемые виды.

## Основные выводы:

- Последствиями нефтяного загрязнения в сфере рыбного промысла и морского фермерства чаще всего являются физическое загрязнение оборудования нефтью и заражение морепродуктов с изменением их вкусовых качеств.
- Воздействие разлива нефти на природные рыбные ресурсы и популяции рыбы крайне трудно отделить от других факторов, таких как естественные колебания запасов, климатические воздействия, загрязнение промышленными или бытовыми отходами и чрезмерный вылов.
- Промысловое рыболовство и натуральное рыбное хозяйство могут понести значительные убытки.
- Восприятие общественностью информации о загрязнении морепродуктов может иметь серьезные последствия, поэтому необходимо должным образом решать вопросы восстановления доверия к рынку и здоровья населения.
- Как можно более раннее информирование производителей нефтепродуктов об угрозе разлива нефти для их объектов дает наилучшую возможность для принятия эффективных мер по снижению ущерба.
- Применяемые после нефтяного разлива стратегии управления должны основываться на научных методах и данных, обеспечивающих сохранение доверия к сектору рыбного промысла, а также безопасность и качество морепродуктов.
- В контексте нефтяного загрязнения, если морепродукты не имеют привкуса заражения, то они в большинстве случаев признаются безопасными для потребления в связи с чрезвычайно низким уровнем загрязнения, при котором человек обнаруживает привкус нефти.
- Эффективные планы ликвидации аварийной ситуации, в которых учтены вопросы запрета и возобновления рыбного промысла, а также меры по реагированию на разливы нефти, могут предотвратить или снизить воздействие разливов на рыбный промысел и морское фермерство.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДОКУМЕНТЫ

- 1 Воздушное наблюдение морских разливов нефти
- 2 Поведение морских разливов нефти
- 3 Применение боновых заграждений при ликвидации разливов нефти
- 4 Применение диспергентов для обработки нефтяных разливов
- 5 Применение скиммеров при ликвидации разливов нефти
- 6 Установление наличия нефти на береговой линии
- 7 Очистка береговой линии от нефти
- 8 Применение сорбентов при ликвидации разливов нефти
- 9 Избавление от нефти и мусора
- 10 Лидерство, командование и управление при разливах нефти
- 11 Последствия нефтяного загрязнения для рыбного промысла и морского фермерства
- 12 Последствия нефтяного загрязнения для социальной и экономической деятельности
- 13 Последствия нефтяного загрязнения для окружающей среды
- 14 Отбор проб и мониторинг морских разливов нефти
- 15 Подготовка и предъявление исков о возмещении ущерба от нефтяного загрязнения
- 16 Разработка планов ликвидации аварий для морских разливов нефти
- 17 Ликвидация морских разливов химических продуктов

ИТОПФ - некоммерческая организация, созданная владельцами мирового танкерного флота и их страховщиками для эффективной ликвидации морских разливов нефти, химических продуктов и других вредных веществ. Технические услуги организации включают реагирование на аварийные ситуации, предоставление консультаций по методам очистки от загрязнения, оценку нанесенного ущерба, помощь в составлении планов ликвидации разливов и предоставление обучения. ИТОПФ является источником исчерпывающей информации о нефтяном загрязнении морской среды, и данный технический документ является одним из серии, документирующей опыт технического персонала ИТОПФ. Информация из данного документа может быть воспроизведена с предварительно полученного согласия ИТОПФ. Для получения дополнительной информации, пожалуйста, свяжитесь с нашей организацией.



### ИТОПФ Ltd

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

Тел.: +44 (0)20 7566 6999

Факс: +44 (0)20 7566 6950

Круглосуточная связь:

+44 (0)20 7566 6998

E-mail: [central@itopf.org](mailto:central@itopf.org)

Веб-сайт: [www.itopf.org](http://www.itopf.org)